



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 145501**

# **PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PERKULIAHAN DI SURABAYA DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)**

**Mahasiswa**

**MOH. SAFI'I MANSUR  
3114030073**

**APRIANA HANGGARA DEWI  
3114030068**

**Dosen Pembimbing**

**RADEN BUYUNG ANUGRAHA AFFANDHIE, ST.,MT.  
NIP. 19740203 200212 1 002**

**AFIF NAVIR REFANI, ST.,MT.  
NIP. 19840919 201504 1 001**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017**

**TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 145501**

**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA DENGAN  
METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN  
MENENGAH (SRPMM)**

**Mahasiswa**

**MOH. SAFI'I MANSUR  
3114030073**

**APRIANA HANGGARA DEWI  
3114030068**

**Dosen Pembimbing**

**RADEN BUYUNG ANUGRAHA AFFANDHIE, ST.,MT.  
NIP. 19740203 200212 1 002**

**AFIF NAVIR REFANI, ST.,MT.  
NIP. 19840919 201504 1 001**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017**



**APPLIED FINAL PROJECT - RC 145501**

# **STRUCTURAL DESIGN OF COLLEGE BUILDING USING INTERMEDIATE MOMENT REINFORCEMENT FRAME**

**Student :**

**MOH. SAFI'I MANSUR  
3114030073**

**APRIANA HANGGARA DEWI  
3114030068**

**Counsellor Lecturer:**

**RADEN BUYUNG ANUGRAHA AFFANDHIE, ST.,MT.  
NIP. 19740203 200212 1 002**

**AFIF NAVIR REFANI, ST.,MT.  
NIP. 19840919 201504 1 001**

**ASSOCIATE DEGREE OF CIVIL ENGINEERING  
DEPARTEMENT OF CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING  
FACULTY OF VOCATION  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017**

## LEMBAR PENGESAHAN

### PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PERKULIAHAN DI SURABAYA DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

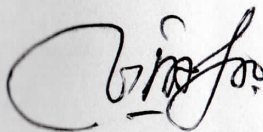
#### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh  
Gelar Ahli Madya pada Program Studi Diploma III  
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Disusun oleh :

MAHASISWA I

MAHASISWA II



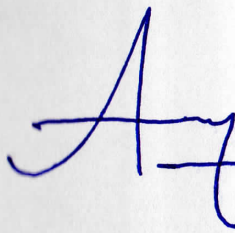
MOH. SAFT'I MANSUR  
NRP. 3114030073

APRIANA HANGGARA D  
NRP. 3114030068

Disetujui oleh: 25 JUL 2017

DOSEN PEMBIMBING I

DOSEN PEMBIMBING II



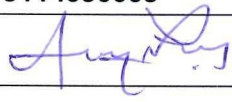
RADEN BUYUNG A.A. ST., MT  
NIP. 19740203 200212 1 002

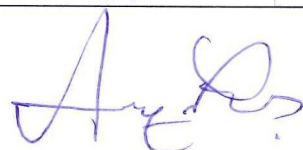
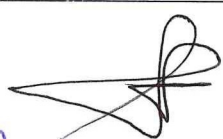
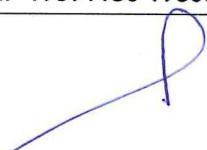
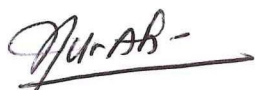
ARIT NAVIR R. ST., MT  
NIP. 19840919 201504 1 001



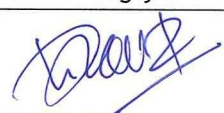
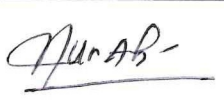
SURABAYA, JULI 2017

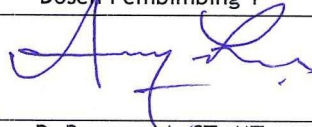
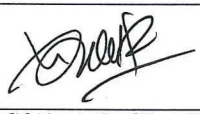


	<b>BERITA ACARA</b> <b>TUGAS AKHIR TERAPAN</b> PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA TEKNIK SIPIL DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL FAKULTAS VOKASI ITS	No. Agenda : 037713/IT2.VI.8.1/PP.06.00/2017
		Tanggal : 8 Juli 2017

Judul Tugas Akhir Terapan	Perencanaan Struktur Gedung Perkuliahan di Surabaya dengan Metode Sistem rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)		
Nama Mahasiswa 1	Moh. Safi'i Mansur	NRP	3114030073
Nama Mahasiswa 2	Apriana Hanggara Dewi	NRP	3114030068
Dosen Pembimbing 1	R. Buyung AA, ST. MT NIP 19740203 200212 1 002	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	Afif Navir R, ST. MT NIP 19840919 201504 1 001	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
<ul style="list-style-type: none"><li>- Gambar penulangan diperbaiki</li><li>- cek penulangan pada plat</li></ul>	 R. Buyung AA, ST. MT NIP 19740203 200212 1 002
<ul style="list-style-type: none"><li>- keterangan las pada gambar</li><li>- Judul tabel yang terpotong diperbaiki</li><li>- penulangan plat diperbaiki (gambar)</li><li>- penulangan plat tangga diperbaiki (gambar)</li></ul>	 Ir. Sungkono, CES NIP 19591130 198601 1 001
<ul style="list-style-type: none"><li>- Cek permodelan tangga</li><li>- Cek Balok Anak</li></ul>	 Afif Navir R, ST. MT NIP 19840919 201504 1 001
<ul style="list-style-type: none"><li>- Perhitungan penulangan geser diperiksa kembali (diperbaiki)</li><li>- Output dari SAPOL ditampilkan pada laporan</li><li>- cek pengangkatan gording</li><li>- Cek volume penulangan kolom, balok dan plat</li><li>- Gambar put detail atap</li></ul>	 Nur Achmad Husin, ST. MT NIP 19720115 199802 1 001

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
 R. Buyung AA, ST. MT NIP 19740203 200212 1 002	 Ir. Sungkono, CES NIP 19591130 198601 1 001	 Afif Navir R, ST. MT NIP 19840919 201504 1 001	 Nur Achmad Husin, ST. MT NIP 19720115 199802 1 001

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	 R. Buyung AA, ST. MT NIP 19740203 200212 1 002	 Afif Navir R, ST. MT NIP 19840919 201504 1 001





**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**FAKULTAS VOKASI**

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

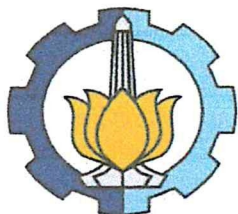
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

**ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN**

**Nama** : 1 Moh. Safi'i Mansur 2 Apriana Hanggara D  
**NRP** : 1 3114030073 2 3114030068  
**Judul Tugas Akhir** : Perencanaan Struktur Gedung Perkuliahan di Surabaya dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPM)  
**Dosen Pembimbing** : 1. Raden Buyung Anugraha A, ST., MT  
 2. Afif Navir Refani, ST., MT

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1.	17 Februari 2017	- Apabila dinding tidak pas diatas balok dipasang di pelat → divide area				
		- Gambar dulu denah balok, kolom, pelat		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	23 Februari 2017	- Prelim cloof sama seperti balok, tapi untuk tulangan tekan kedua sisinya				
		- Beban hidup pada pelat dipilih yang paling besar sesuai SNI		B	C	K
		- T		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	27 Februari 2017	- Preliminary balok dan kolom dibenarkan		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Dimensi balok kantilever				
		- Dimensi pelat atap dihitung				
		- List daftar isi		B	C	K
		- Gambar denah balok, kolom diprint A3		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Bab I sampai 4 diprint A5				
		- Hitungan baja, cek penutup atapnya.		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Plafond di atas baja termasuk beban mati				

**Ket.** :  
 B = Lebih cepat dari jadwal  
 C = Sesuai dengan jadwal  
 K = Terlambat dari jadwal



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**FAKULTAS VOKASI**

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

**ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN**

**Nama**

**: 1** Moh. Safi'i Mansur

**2** Apriana Hanggara D

**NRP**

**: 1** 3114030073

**2** 3114030068

**Judul Tugas Akhir**

**: Perencanaan Struktur Gedung Perkuliahan di Surabaya dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)**

**Dosen Pembimbing**

**: 1.** Raden Buyung Anugraha A, ST., MT

**2.** Afif Navir Refani, ST., MT

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
4.	15 Maret 2017	- Prelim ulang kolom $f_c' \geq \frac{P}{A} \cdot 3$				
		- Keterangan rumus <del>pa</del> dicantumkan		B	C	K
		- Cari berat genteng → cari brosur		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Platond ditaruh di gording				
5.	7 April 2017	- Input beban angin di SAP tetap di kolom meskipun tertutup dinding		B	C	K
		- Cari angin dominan		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Perhitungan plat lantai memakai				
		SNI hitungan 1 arah meskipun plat lantai 2 arah		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	11 April 2017	- Pelat menggunakan pasal 13.6				
		- Balok untuk lift ada dua		B	C	K
		- Tangga ditambah kolom untuk menahan bordes atau diberi balok U → kontrol defleksi		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Baca referensi				
		- Kuda-kuda cek deflesi		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

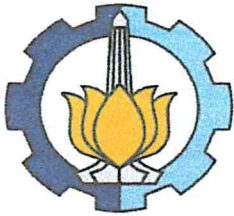
Ket.

B = Lebih cepat dari jadwal

C = Sesuai dengan jadwal

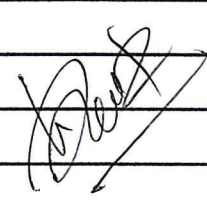
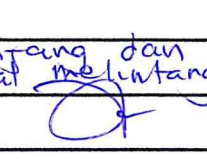
K = Terlambat dari jadwal





### ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

**Nama** : 1 Moh. Sapi'i Mansur 2 Apriana Hanggara D  
**NRP** : 1 3114030073 2 3114030068  
**Judul Tugas Akhir** : Perencanaan Struktur Gedung Perkuliahan di Surabaya dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)  
**Dosen Pembimbing** : 1. Raden Buyung Anugraha A, ST., MT  
 2. Afif Navir Refani, ST., MT

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
7	25 April 2017	- Tulangan lentur tidak ada puntir - Referensi AL - Torsi dipikul tulangan geser. - Kolom dicek 3 frame - Geser kolom cek kapasitas balok untuk menghitung geser - Balok anak asumsi primer apa sekunder, klo sekunder di SAP direlease - Pelat hitung <del>5</del> lagi		B <input type="checkbox"/>	C <input type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>
8.	3 Mei 2017	- Tulangan susut 2% dari <del>tulangan</del> <u>tebal plat</u> <del>utama</del> untuk pelat - Tangga menggunakan tebal efektif $\rightarrow$ <u>tulangan susut</u> - Balok ditinjau satu portal, <u>memanjang dan</u> <del>1 portal melintang</del> per lantai dibedakan - Dalam laporan diberi 1 contoh perhitungan, yang lain dalam bentuk tabel.		B <input type="checkbox"/>	C <input type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>

**Ket.** :  
 B = Lebih cepat dari jadwal  
 C = Sesuai dengan jadwal  
 K = Terlambat dari jadwal




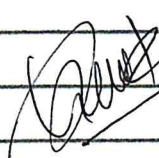
**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**FAKULTAS VOKASI**  
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116  
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025  
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

**ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN**

**Nama** : 1 Moh. Safi'i Mansur 2 Apriana Hanggara Dewi  
**NRP** : 1 3114030073 2 3114030068  
**Judul Tugas Akhir** : Perencanaan Struktur Gedung Perkuliahan di Surabaya dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

**Dosen Pembimbing** : 1. Raden Buyung Anugraha A, ST., MT  
 2. Afif Navir Retani, ST., MT

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
9.	31 Mei 2017	- Perhitungan kolom yang dimasukkan laporan 1 saja, yang lain ditabelkan.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Panjang penyaluran ditekuk 90° tanpa kait (utk besi ulir)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Momen tangga menggunakan kombinasi tanpa gempa.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10.	31 Mei 2017	- Prosentase tulangan kolom 1% - 3%		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Persyaratan s untuk SRPMM harus dipenuhi semua.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- ΔH baja, → simpangan antar lantai		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Nok pada atap baja diberi beban gempa.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Ket.** :  
 B = Lebih cepat dari jadwal  
 C = Sesuai dengan jadwal  
 K = Terlambat dari jadwal



K = Terlambat dari jadwal



# **“PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PERKULIAHAN DI SURABAYA DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)”**

**Nama Mahasiswa : Moh. Safi'i Mansur**  
**NRP : 3114030073**  
**Nama Mahasiswa : Apriana Hanggara Dewi**  
**NRP : 3114030068**  
**Departemen : Diploma III Teknik Infrastruktur Sipil  
FV-ITS**  
**Dosen Pembimbing: Raden Buyung Anugraha A,ST.,MT.**  
**NIP : 19740203 200212 1 002**  
**Dosen Pembimbing: Afif Navir Refani,ST.,MT.**  
**NIP : 19840919 201504 1 001**

## **ABSTRAK**

Perencanaan gedung perkuliahan ini menggunakan struktur utama beton bertulang dan struktur atap baja. Bangunan memiliki 6 lantai yang difungsikan sebagai laboratorium, ruang kelas, dan tempat perkuliahan. Bangunan ini merupakan gedung fasilitas pendidikan sehingga gempa rencananya termasuk kategori resiko IV. Berdasarkan perhitungan gempa, bangunan masuk dalam Kategori Desain Seismik (KDS) C. Oleh karena itu, bangunan ini direncanakan menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Pembebanan yang ditinjau dari perencanaan ini adalah beban mati, beban hidup, beban angin dan beban gempa sesuai SNI 1727-2013. Untuk beban gempa dihitung menggunakan Statik Ekuivalen sesuai SNI 1726-2012. Untuk mempermudah perhitungan, bangunan dimodelkan menggunakan SAP 2000. Perhitungan atap baja mengacu SNI 1729-2015. Sedangkan untuk perhitungan beton bertulang mengacu SNI 2847-2013.

Dari perencanaan ini diharapkan bangunan mampu menahan gaya gempa yang terjadi. Hasil dari perhitungan diperoleh struktur atas seperti dimensi balok, dimensi kolom, dan

tebal pelat lantai serta pelat tangga. Sedangkan untuk struktur atap diperoleh dimensi gording, penggantung gording, ikatan angin, dan kuda-kuda. Hasil analisa tersebut selanjutnya dituangkan kedalam gambar teknik. Serta diperoleh hasil hitungan volume beton dan penulangan untuk portal yang telah ditentukan.

**Kata kunci : Bangunan Gedung, SRPMM, Statik Ekvivalen**

## **“STRUCTURAL DESIGN OF COLLEGE BUILDING USING INTERMEDIATE MOMENT REINFORCEMENT FRAME”**

**Student Name** : *Moh. Safi'i Mansur*  
**NRP** : *3114030073*  
**Student Name** : *Apriana Hanggara Dewi*  
**NRP** : *3114030068*  
**Department** : *Civil Infrastructure Engineering*  
*Departement FV-ITS*  
**Conselor** : *Raden Buyung Anugraha A,ST.,MT.*  
**NIP** : *19740203 200212 1 002*  
**Conselor** : *Afif Navir Refani,ST.,MT.*  
**NIP** : *19840919 201504 1 001*

### **ABSTRACT**

*The calculation of this college building using the main structure of reinforced concrete and steel roof structure. The building has 6 floors which functioned as laboratory, classroom, and place of lecturing. This building is an educational facility building so that the earthquake plan is include in the risk category IV. Based on the calculation of earthquake, the buildig entered in the Categorical Design of Seismic C. Therefore, the building is planned using Intermediate Momen Frame System Method.*

*The loads observed from this plan are dead load, live load, wind load, and earthquake load accordingly SNI 03-1727-2013. For earthquake loads are calculated using equivalent static ccordingly SNI 03-1726-2012. To simplify calculations, buildings are modeled using SAP 2000. Calculation of steel roof refers to SNI 1729-2015. While for the calculation of reinforced concrete refers to SNI 03-2847-2013.*

*This planning is expected that the building be able to withstand earthquake force that happened.The result obtained*

*from calculation of top structures such as beam dimensions, column dimensions, and the thickness of floor plate and plate ladder. While for the roof structures obtained dimensions of gording, hanging gording, wind bonds, and rafter. The result of the analysis is further poured into the engineering drawing. As well as the result of the calculation of the volume of concrete and reinforcement for the portal that has been determined.*

***Keywords: Building Structure, Intermediate Moment Reinforcement Frame, Static Equivalent.***

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur kami panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat, dan karunia-Nya sehingga penyusunan Tugas Akhir Terapana yang berjudul “Perencanaan Struktur Gedung Perkuliahan di Surabaya dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)” dapat terselesaikan dengan tepat waktu.

Penulis menyadari bahwa proposal tugas akhir tidak akan terlaksana tanpa bantuan dan bimbingan dari beberapa pihak. Pada kesempatan ini kami ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Kedua orang tua kami, saudara-saudara kami, sebagai penyemangat terbesar bagi kami, dan telah memberikan banyak dukungan moril maupun materi.
2. Bapak Dr. Machsus, ST., MT, selaku Ketua Program Studi Diploma III Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
3. Bapak Raden Buyung Anugraha Affandhie, ST.,MT, selaku dosen pembimbing dalam penyusunan tugas akhir terapan ini.
4. Bapak Afif Navir Refani, ST.,MT, selaku dosen pembimbing dalam penyusunan tugas akhir terapan ini.
5. Teman-teman terdekat yang tidak bisa disebutkan satu-persatu, terima kasih atas bantuan dan saran selama proses penyusunan tugas akhir terapan ini.

Kami selaku penyusun menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam penyusunan tugas akhir terapan ini. Oleh sebab itu kami ucapkan mohon maaf.

Demikian yang dapat kami sampaikan, terima kasih.

Surabaya, Juli 2017

Penyusun

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK .....	v
<i>ABSTRACT</i> .....	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xxi
DAFTAR NOTASI .....	xxiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Manfaat.....	3
1.6 Data Proyek .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Tinjauan Umum.....	5
2.2 Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) .....	5
2.3 Pembebanan dan Kombinasi Beban pada Struktur Rangka Pemikul Momen Menengah .....	6
2.3.1 Beban Mati .....	6
2.3.2 Beban Hidup.....	7
2.3.3 Beban Angin.....	7
2.3.4 Beban Gempa .....	17
2.3.5 Kombinasi Pembebanan .....	26
2.4 Perencanaan Struktur Primer.....	27
2.4.1 Perencanaan Balok .....	27

2.4.2 Perencanaan Kolom.....	34
2.5 Perencanaan Struktur Sekunder.....	40
2.5.1 Perencanaan Pelat .....	40
2.5.2 Perencanaan Tangga.....	50
2.6 Perencanaan Atap Baja.....	51
2.6.1 Perencanaan Profil Gording.....	51
2.6.2 Perencanaan Penggantung Gording.....	56
2.6.3 Perencanaan Ikatan Angin .....	57
2.6.4 Perencanaan Kuda-kuda .....	58
2.6.5 Perencanaan Kolom Baja.....	59
2.6.6 Sambungan .....	62
BAB III METODOLOGI .....	65
3.1 Pengumpulan Data.....	65
3.2 Penentuan Sistem Struktur.....	65
3.3 Perencanaan Dimensi Struktur ( <i>Preliminary Design</i> ) .....	65
3.4 Perhitungan Beban.....	65
3.5 Permodelan Struktur .....	66
3.6 Analisa Struktur.....	67
3.7 Perencanaan Struktur Atap Baja.....	67
3.8 Perencanaan Penulangan .....	67
3.9 Cek Persyaratan .....	67
3.10 Gambar Rencana .....	69
3.11 Perhitungan Volume Penulangan .....	69
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....	87
4.1 Perencanaan Dimensi Struktur ( <i>Preliminary Design</i> ) .....	87
4.1.1 Perencanaan Dimensi Balok.....	87

4.1.2 Perencanaan Dimensi Kolom .....	90
4.1.3 Perencanaan Dimensi Sloof.....	94
4.1.4 Perencanaan Dimensi Pelat .....	96
4.1.5 Perencanaan Dimensi Tangga .....	103
4.2 Perencanaan Struktur Atap Baja.....	106
4.2.1 Perhitungan Gording .....	106
4.2.2 Perhitungan Penggantung Gording.....	118
4.2.3 Perhitungan Ikatan Angin.....	121
4.2.4 Perhitungan Kuda-kuda.....	125
4.2.5 Perhitungan Kolom Pendek Baja.....	131
4.2.6 Perhitungan Pelat Landas .....	139
4.2.7 Perhitungan Sambungan.....	144
4.3 Pembebanan Struktur .....	156
4.3.1 Pembebanan Pelat.....	156
4.3.2 Pembebanan Tangga dan Bordes.....	158
4.3.3 Pembebanan Angin.....	159
4.3.4 Pembebanan Gempa .....	165
4.4 Perhitungan Struktur Sekunder .....	178
4.4.1 Perhitungan Penulangan Pelat .....	178
4.4.2 Perhitungan Penulangan Tangga dan Bordes .....	194
4.4.3 Perhitungan Balok Anak.....	230
4.4.4 Perhitungan Balok Lift .....	258
4.5 Perhitungan Struktur Primer.....	287
4.5.1 Perhitungan Penulangan Balok Induk .....	287
4.5.2 Perhitungan Penulangan Sloof .....	316

4.5.2 Perhitungan Penulangan Kolom .....	345
4.6 Perhitungan Volume Pembesian.....	372
4.6.1 Perhitungan Volume Pembesian Balok .....	372
4.6.2 Perhitungan volume pembesian kolom.....	376
4.6.3 Perhitungan volume pembesian pelat .....	380
BAB V PENUTUP .....	381
5.1 Kesimpulan.....	381
5.2 Saran .....	385
DAFTAR PUSTAKA.....	387
LAMPIRAN.....	
BIODATA PENULIS.....	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Proyek.....	3
Gambar 2.1 Koefisien Tekanan Angin Eksternal, $C_p$ .....	15
Gambar 2.2 Peta Respon Spektra Percepatan 0,2 Detik ( $S_s$ ) untuk Probabilitas Terlampaui 10% dalam 50 Tahun .....	19
Gambar 2.3 Peta Respon Spektra Percepatan 0,1 Detik ( $S_1$ ) untuk Probabilitas Terlampaui 10% dalam 50 Tahun .....	19
Gambar 2.4 Spektrum Respon Desain.....	23
Gambar 2.5 Analisa Penampang Tulangan Tunggal .....	29
Gambar 2.6 Analisa Penampang Tulangan Rangkap .....	30
Gambar 2.7 Geser Desain Balok untuk Rangka Momen Menengah .....	32
Gambar 2.8 Rangka Tidak Bergoyang dan Rangka Bergoyang.	36
Gambar 2.9 Geser Desain Kolom untuk Rangka Momen Menengah .....	38
Gambar 2. 0 Perpanjangan Minimum untuk Tulangan pada Pelat Tanpa Balok .....	49
Gambar 2.11 Penguraian Beban pada Gording .....	51
Gambar 2.12 Perencanaan Penggantung Gording .....	56
Gambar 3.1 Flowchart Perencanaan Struktur Bangunan.....	71
Gambar 3.2 Flowchart Gempa .....	73
Gambar 3.3 Flowchart Perencanaan Gording .....	74
Gambar 3.4 Flowchart Perencanaan Kuda-Kuda .....	75
Gambar 3.5 Flowchart Perencanaan Kolom Baja .....	76
Gambar 3.6 Flowchart Perencanaan Sambungan .....	77
Gambar 3.7 Flowchart Penulangan Pelat .....	78
Gambar 3.8 Flowchart Penulangan Pelat Tangga dan Bordes ...	79
Gambar 3.9 Flowchart Penulangan Lentur Balok .....	80
Gambar 3.10 Flowchart Penulangan Geser Balok .....	82
Gambar 3.11 Flowchart Tulangan Torsi Balok .....	84
Gambar 3.12 Flowchart Penulangan Lentur Kolom.....	85
Gambar 3.13 Flowchart Penulangan Geser Kolom.....	86
Gambar 4. 1 Denah Perencanaan Balok Induk.....	87

Gambar 4. 2 Rencana Dimensi Balok B1,B4, dan KS1 .....	88
Gambar 4. 3 Denah Perencanaan Balok Anak .....	89
Gambar 4. 4 Rencana Dimensi Balok B2, B3, B5, dan KS2.....	90
Gambar 4. 5 Denah Perencanaan Kolom K3.....	90
Gambar 4. 6 Rencana Dimensi Kolom K1 .....	91
Gambar 4. 7 Denah Perencanaan Kolom K2.....	92
Gambar 4. 8 Rencana Dimensi Kolom K2 .....	93
Gambar 4. 9 Denah Perencanaan Kolom K3.....	93
Gambar 4. 10 Rencana Dimensi Kolom K3 .....	94
Gambar 4. 11 Denah Perencanaan Sloof .....	95
Gambar 4. 12 Rencana Dimensi Sloof .....	96
Gambar 4. 13 Denah Perencanaan Pelat.....	96
Gambar 4. 14 Balok Penampang T As C Join 3-4.....	97
Gambar 4. 15 Balok Penampang T As D Join 3-4 .....	99
Gambar 4. 16 Balok Penampang T As 3 Join C-D.....	100
Gambar 4. 17 Balok Penampang T As 4 Join C-D.....	101
Gambar 4. 18 Denah Perencanaan Tangga.....	104
Gambar 4. 19 Potongan Rencana Tangga diperbesar .....	105
Gambar 4. 20 Profil LLC.....	106
Gambar 4. 21 Perencanaan Gording.....	107
Gambar 4. 22 Pengurain Gaya pada Gording.....	107
Gambar 4. 23 Momen Arah Y .....	109
Gambar 4. 24 Momen Arah X.....	109
Gambar 4. 25 Perencanaan Penggantung Gording .....	119
Gambar 4. 26 Perencanaan Ikatan Angin .....	122
Gambar 4. 27 Output SAP 2000 Gaya Tekan .....	126
Gambar 4. 28 Output SAP 2000 Momen .....	126
Gambar 4. 29 Output SAP 2000 Gaya Geser .....	126
Gambar 4. 30 Output SAP 2000 Gaya Aksial .....	132
Gambar 4. 31 Output SAP 2000 Momen M1 .....	132
Gambar 4. 32 Output SAP 2000 Momen M2.....	132
Gambar 4. 33 Output SAP 2000 Gaya Geser .....	132
Gambar 4. 34 Output SAP 2000 Gaya Aksial .....	139
Gambar 4. 35 Output SAP 2000 Momen .....	139
Gambar 4. 36 Output SAP 2000 Gaya Geser .....	139



Gambar 4. 37 Rencana Pelat Landas .....	140
Gambar 4. 38 Tegangan Angkur Akibat Reaksi Plat Landas....	141
Gambar 4. 39 Output SAP 2000 Gaya Geser Sambungan Balok-Kolom.....	144
Gambar 4. 40 Output SAP 2000 Momen Sambungan Balok-Kolom .....	144
Gambar 4. 41 Rencana Sambungan Balok-Kolom.....	146
Gambar 4. 42 Rencana Susunan Baut Sambungan Balok-Kolom .....	147
Gambar 4. 43 Rencana Las Sudut Sambungan Balok-Kolom...	149
Gambar 4. 44 Output SAP 2000 Gaya Geser Sambungan Balok-Balok .....	150
Gambar 4. 45 Output SAP 2000 Momen Sambungan Balok-Balok .....	150
Gambar 4. 46 Rencana Sambungan Balok-Balok .....	151
Gambar 4. 47 Rencana Susunan Baut Sambungan Balok-Balok .....	153
Gambar 4. 48 Rencana Las Sudut Sambungan Balok-Balok....	154
Gambar 4. 49 Pelat Lantai yang Ditinjau .....	179
Gambar 4. 50 Pelat Atap yang Ditinjau.....	187
Gambar 4. 51 Denah Balok yang Ditinjau, Tipe Balok Balok Bordes.....	202
Gambar 4. 52 Output SAP 2000 Momen Torsi Balok Bordes..	203
Gambar 4. 53 Output SAP 2000 Momen Lentur Kiri Balok Bordes .....	203
Gambar 4. 54 Output SAP 2000 Momen Lentur Kanan Balok Bordes.....	203
Gambar 4. 55 Output SAP 2000 Momen Lentur Lapangan Balok Bordes.....	204
Gambar 4. 56 Output SAP 2000 Gaya Geser Balok Bordes .....	204
Gambar 4. 57 Denah Balok yang Ditinjau, Tipe Balok Anak (B2) .....	231
Gambar 4. 58 Output SAP 2000 Momen Torsi Balok Anak (B2) .....	232

Gambar 4. 59 Output SAP 2000 Momen Lentur Kiri Balok Anak (B2).....	232
Gambar 4. 60 Output SAP 2000 Momen Lentur Kanan Balok Anak (B2).....	233
Gambar 4. 61 Output SAP 2000 Momen Lentur Lapangan Balok Anak (B2) .....	233
Gambar 4. 62 Output SAP 2000 Gaya Geser Balok Anak (B2).....	233
Gambar 4. 63 Denah Balok yang Ditinjau, Tipe Balok Lift (B5) .....	259
Gambar 4. 64 Output SAP 2000 Momen Torsi Balok Lift.....	260
Gambar 4. 65 Output SAP 2000 Momen Lentur Kiri Balok Lift (B5).....	260
Gambar 4. 66 Output SAP 2000 Momen Lentur Kanan Balok Lift (B5).....	260
Gambar 4. 67 Output SAP 2000 Momen Lentur Lapangan Balok Lift (B5).....	260
Gambar 4. 68 Output SAP 2000 Gaya Geser Balok Lift (B5) ..	261
Gambar 4. 69 Denah Balok yang Ditinjau pada Lantai 2, Tipe Balok B1 .....	288
Gambar 4. 70 Output SAP 2000 Momen Torsi Balok Tipe B1.....	289
Gambar 4. 71 Output SAP 2000 Momen Lentur Kiri Balok Tipe B1 .....	289
Gambar 4. 72 Output SAP 2000 Momen Lentur Kanan Balok Tipe B1 .....	289
Gambar 4. 73 Output SAP 2000 Momen Lentur Lapangan Balok Tipe B1 .....	289
Gambar 4. 74 Output SAP 2000 Gaya Geser Balok Tipe B1....	290
Gambar 4. 75 Denah Sloof .....	317
Gambar 4. 76 Output SAP 2000 Momen Sloof.....	318
Gambar 4. 77 Output SAP 2000 Momen Lentur Kiri Sloof.....	318
Gambar 4. 78 Output SAP 2000 Momen Lentur Kanan Sloof.....	318
Gambar 4. 79 Output SAP 2000 Momen Lentur Lapangan Sloof .....	318
Gambar 4. 80 Output SAP 2000 Gaya Geser Sloof.....	319
Gambar 4. 81 Output $P_{DL}$ Kolom SAP 2000.....	346

Gambar 4. 82 Output PU Kolom SAP 2000.....	346
Gambar 4. 83 Output SAP 2000 Kolom Momen $M_{1s}$ Arah X..	346
Gambar 4. 84 Output SAP 2000 Kolom Momen $M_{2s}$ Arah X...	347
Gambar 4. 85 Output SAP 2000 Kolom Momen $M_{1ns}$ Arah X	347
Gambar 4. 86 Output SAP 2000 Kolom Momen $M_{2ns}$ Arah X	347
Gambar 4. 87 Output SAP 2000 Kolom Momen $M_{1s}$ Arah Y...	348
Gambar 4. 88 Output SAP 2000 Kolom Momen $M_{2s}$ Arah Y.	348
Gambar 4. 89 Output SAP 2000 Kolom Momen $M_{1ns}$ Arah Y.	348
Gambar 4. 90 Output SAP 2000 Kolom Momen $M_{2ns}$ Arah Y.	348
Gambar 4. 91 Grafik Aligment.....	350
Gambar 4. 92 Diagram Interaksi $\rho$ Arah X .....	353
Gambar 4. 93 Diagram Interaksi $\rho$ Arah Y .....	359
Gambar 4. 94 Output Pcacolumn .....	364
Gambar 4.95 Lintang rencana untuk SRPMM .....	367
Gambar 4. 96 Detail Tulangan Balok Induk .....	372
Gambar 4. 97 Potongan Tulangan Balok Sisi Atas .....	373
Gambar 4. 98 Potongan Balok Tulangan Sisi Bawah .....	373
Gambar 4. 99 Potongan Tulangan Tarik Balok Tumpuan Kiri.	373
Gambar 4. 100 Potongan Tulangan Tarik Balok Tumpuan Kanan .....	374
Gambar 4. 101 Potongan Tulangan Tengah.....	374
Gambar 4. 102 Potongan Tulangan Lapangan Bawah .....	374
Gambar 4. 103 Potongan Senggang Balok.....	375
Gambar 4. 104 Detail Tulangan Kolom .....	377
Gambar 4. 105 Potongan Tulangan Kolom Sisi Atas.....	377
Gambar 4. 106 Gambar Potongan Tulangan Senggang .....	378
Gambar 4. 107 Detail Tulangan Pelat .....	380

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kategori Resiko Bangunan dan Struktur Lainnya untuk Beban Banjir, Angin, Salju, Gempa*, dan Es .....	7
Tabel 2.2 Faktor Arah Angin, $K_d$ .....	9
Tabel 2.3 Faktor Topografi .....	11
Tabel 2.4 Koefisien Tekanan Internal .....	12
Tabel 2.5 Konstanta Eksposur Daratan .....	13
Tabel 2.6 Koefisien Eksposur Tekanan Velositas, $K_h$ dan $K_z$ ....	14
Tabel 2.7 Koefisien Tekanan Atap, $C_p$ , untuk digunakan dengan $q_h$ .....	16
Tabel 2.8 Koefisien Tekanan Dinding, $C_p$ .....	16
Tabel 2.9 Kategori Resiko Gempa .....	18
Tabel 2.10 Faktor Keutamaan Gempa .....	19
Tabel 2.11 Klasifikasi Kelas Situs .....	20
Tabel 2.12 Koefisien Situs $F_a$ .....	20
Tabel 2.13 Koefisien Situs $F_v$ .....	21
Tabel 2.14 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek .....	21
Tabel 2.15 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik .....	22
Tabel 2.16 Faktor Reduksi Gempa .....	23
Tabel 2.17 Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung .....	24
Tabel 2.18 Nilai Parameter Periode Pendekatan $C_t$ dan $x$ .....	24
Tabel 2.19 Tebal Minimum Balok Non-Prategang atau Pelat Satu Arah bila Lendutan Tidak Dihitung .....	41
Tabel 2.20 Tebal Minimum Pelat tanpa Balok Interior* .....	42
Tabel 2.21 Distribusi Momen Statis Terfaktor .....	46
Tabel 2.22 Distribusi Momen Terfaktor Negatif Interior .....	47
Tabel 2.23 Distribusi Momen Terfaktor Negatif Eksterior .....	47
Tabel 2.24 Distribusi Momen Terfaktor Positif .....	47
Tabel 2.25 Rasio tebal terhadap lebar elemen tekan struktur menahan lentur Sumber : SNI 1729-2015 Tabel B4.1b .....	58
Tabel 2.26 Pemilihan untuk penggunaan Bab Pasal F .....	59

Tabel 2.27 Tabel Pemilihan untuk Penerapan Profil Bab E .....	60
Tabel 2.28 Tegangan Tarik Nominal dan Tegangan Geser .....	62
Tabel 2.29 Jarak Tepi Minimum .....	63
Tabel 4.1 Koefisien Tekanan Dinding.....	162
Tabel 4.2 Beban Angin per Kolom.....	164
Tabel 4.3 Perhitungan Klasifikasi Situs .....	165
Tabel 4.4 Berat Struktur Per Lantai.....	169
Tabel 4.5 Kekakuan Kolom.....	170
Tabel 4.6 Gaya Gempa Per Lantai.....	171
Tabel 4.7 Gaya Gempa Per Lantai.....	171
Tabel 4.8 Gaya Gempa Per Kolom Lantai 0-Lantai 2 .....	172
Tabel 4.9 Gaya Gempa Per Kolom Lantai 3-Lantai 4 .....	173
Tabel 4.10 Gaya Gempa Per Kolom Lantai 5-Lantai 6 .....	174
Tabel 4.11 Gaya Gempa Per Kolom Lantai Atap .....	175
Tabel 4.12 Gaya Gempa Per Kolom Lantai Ruang Lift .....	176
Tabel 4.13 Gaya Gempa Per Kolom pada Atap Baja .....	177
Tabel 4.14 Volume Tulangan Balok Induk .....	376
Tabel 4.15 Tabel Volume Tulangan Kolom.....	379
Tabel 4.16 Tabel Volume Tulangan Pelat .....	380
Tabel 5.1 Rekapitulasi Tulangan Pelat Tangga dan Pelat Bordes.....	382
Tabel 5.2 Rekapitulasi Tulangan Pelat Lantai .....	382
Tabel 5.3 Rekapitulasi Tulangan Balok .....	383
Tabel 5.4 Rekapitulasi Tulangan Kolom.....	384
Tabel 5.5 Rekapitulasi Volume Tulangan Balok.....	384
Tabel 5.6 Rekapitulasi Volume Tulangan Kolom .....	385
Tabel 5.7 Rekapitulasi Volume Tulangan Pelat .....	385



## DAFTAR NOTASI

$b_w$	= lebar badan (web), mm.
$D$	= pengaruh dari beban mati.
$E$	= modulus elastis baja ,29 000 ksi (200 000 Mpa).
$E_c$	= Modulus elastis beton,ksi (MPa).
$F_a$	= koefisien situs untuk perioda pendek (pada perioda 0,2 detik).
$F_e$	= Tegangan tekuk elastis, ksi (MPa).
$F_{EXX}$	= Kekuatan klasifikasi logam pengisi, ksi (MPa)
$F_v$	= koefisien situs untuk perioda panjang (pada perioda 1 detik).
$f'_c$	= kekuatan tekan beton yang disyaratkan, Mpa.
$f_y$	= kekuatan leleh tulangan yang disyaratkan, Mpa.
$h$	= tebal atau tinggi keseluruhan komponen struktur, mm.
$h_w$	= tinggi bersih segmen yang ditinjau, mm.
$I$	= momen inersia penampang terhadap sumbu pusat, mm <sup>4</sup> .
$I_b$	= momen inersia penampang bruto balok terhadap sumbu pusat, mm <sup>4</sup> .
$I_x, I_y$	= Momen inersia pada sumbu utama, in.4 (mm <sup>4</sup> )
$J$	= Konstanta torsi, in.4 (mm <sup>4</sup> )
$K$	= Faktor panjang efektif
$l_n$	= panjang bentang bersih yang diukur muka ke muka tumpuan, mm.
$l$	= panjang bentang balok atau slab satu arah, mm.
$L$	= beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lain-lain.
$L_r$	= beban hidup di atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material, atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak.
$M_n$	= Kekuatan lentur nominal, kip-in. (N-mm)
$M_{nt}$	=Momen orde-pertama menggunakan kombinasi beban DFBK
	atau DKI, dengan struktur dikekang melawan translasi, kip-in.

(N-mm).

$M_p$  = Momen lentur plastis, kip-in (N-mm).

$M_r$  = Kekuatan lentur orde-kedua yang diperlukan akibat kombinasi beban DFBK atau DKI, kip-in. (N-mm).

$M_u$  = Kekuatan lentur perlu yang menggunakan kombinasi beban DFBK, kip-in. (N-mm).

$P_{e\ story}$  = Kekuatan tekuk kritis elastis untuk tingkat pada arah translasi yang diperhitungkan, kips (N).

$P_{e1}$  = kekuatan tekuk kritis elastis komponen struktur pada bidang lentur, kips (N).

$R$  = beban hujan, tidak termasuk yang diakibatkan genangan air.

$S_s$  = parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode pendek, redaman 5 persen.

$S_1$  = parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode 1 detik, redaman 5 persen.

$S_{DS}$  = parameter percepatan respons spektral pada periode pendek, redaman 5 persen.

$S_{D1}$  = parameter percepatan respons spektral pada periode 1 detik, redaman 5 persen.

$S_{MS}$  = parameter percepatan respons spektral MCE pada periode pendek yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs.

$S_{M1}$  = parameter percepatan respons spektral MCE pada periode 1 detik yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs.

$S_n$  = kekuatan lentur, geser atau aksial nominal sambungan.

$T$  = periode fundamental bangunan (seperti yang ditentukan dalam SNI 1726:2012 Pasal 7.8.2)

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$W$  = beban angin.

$\alpha_1$  = rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur lebar plat yang dibatasi secara lateral oleh garis pusat panel yang disebelahnya(jika ada) pada setiap sisi balok.  
 $\beta$  = Faktor reduksi  
 $\phi_b$  = faktor reduksi (0,9).  
 $d_b$  = diameter nominal batang tulangan, kawat, atau strand prategang, mm.  
 $l_d$  = panjang penyaluran tarik batang tulangan ulir, kawat ulir, tulangan kawat las polos dan ulir, atau strand pratarik, mm.  
 $l_{dc}$  = panjang penyaluran tekan batang tulangan ulir dan kawat ulir, mm.  
 $l_{dh}$  = panjang penyaluran tarik batang tulangan ulir atau kawat ulir dengan kait standar, yang diukur dari penampang kritis ujung luar kait ( panjang penanaman lurus antara penampang kritis dan awal kait[titik tangen] ditambah jari-jari dalam bengkokan dan satu diameter batang tulangan), mm.  
 $\lambda$  = Parameter kelangsingan.  
 $\lambda_p$  = Parameter kelangsingan untuk elemen kompak.  
 $\lambda_{pd}$  = Parameter batas kelangsingan untuk desain plastis.  
 $\lambda_{pf}$  = Parameter batas kelangsingan untuk sayap kompak.  
 $\lambda_{pw}$  = Parameter batas kelangsingan untuk badan kompak.  
 $\lambda_r$  = Parameter batas kelangsingan untuk elemen nonkompak.  
 $\lambda_{rf}$  = Parameter batas kelangsingan untuk sayap nonkompak.  
 $\lambda_{rw}$  = Parameter batas kelangsingan untuk badan nonkompak.  
 $V_{u1}$  = gaya geser pada muka perletakan.  
 $M_{nl}$  = momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kiri).  
 $M_{nr}$  = momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kanan)  
 $l_n$  = panjang balok bersih.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Perencanaan bangunan gedung perkuliahan ini menggunakan struktur utama beton bertulang dan struktur atapnya baja. Bangunan memiliki 6 lantai yang difungsikan sebagai laboratorium, ruang kelas, dan tempat perkuliahan. Bangunan ini merupakan gedung fasilitas pendidikan sehingga gempa rencananya termasuk kategori resiko IV. Perencanaan bangunan gedung ini berasal dari Gedung-G Universitas Muhammadiyah Surabaya. Namun, terdapat perubahan pada bentuk denah bangunan. Denah awal memiliki bentuk denah yang tidak beraturan, kemudian pada tugas akhir terapan ini bentuk denahnya direncanakan lebih beraturan atau mendekati simetris.

Bangunan direncanakan menggunakan data tanah dengan nilai rata-rata  $SPT = 20,10344$  ( $15 < \bar{N} < 50$ ), termasuk kelas situs SD (tanah sedang). Dari Peta *Hazard* Peta Gempa Indonesia 2010 dengan probabilitas 10% selama 50 tahun dan diambil lokasi gempa di Sumenep, diperoleh nilai  $S_s = (0,3-0,4)g$  dan nilai  $S_1 = (0,1-0,15)g$  sehingga bangunan masuk kedalam Kategori Desain Seismik (KDS) C. Oleh karena itu, bangunan ini direncanakan menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Dari penjelasan di atas, maka judul tugas akhir terapan ini adalah “Perencanaan Struktur Gedung Perkuliahan di Surabaya dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM). Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) digunakan untuk perhitungan struktur gedung yang masuk di zona gempa 3 dan 4 yaitu wilayah dengan tingkat gempa sedang.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berbagai permasalahan yang dihadapi pada tugas akhir terapan ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara merencanakan struktur beton bertulang Gedung Perkuliahan di Surabaya dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)?
2. Bagaimana cara merencanakan struktur atap Gedung Perkuliahan di Surabaya menggunakan baja ?
3. Bagaimana perhitungan volume beton dan tulangan pada portal yang telah ditentukan?
4. Bagaimana menuangkan hasil perhitungan struktur ke dalam gambar teknik?

## **1.3 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dalam tugas akhir terapan “Perencanaan Struktur Gedung Perkuliahan di Surabaya dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah”, antara lain:

1. Perencanaan gedung ini tidak menghitung struktur bawah (pondasi).
2. Perhitungan volume beton dan tulangan hanya dilakukan dua portal yang telah ditentukan, meliputi portal melintang dan portal memanjang.
3. Beban gempa dihitung menggunakan Statik Ekuivalen (SNI 03-1726-2012).
4. Perencanaan gedung ini tidak memperhitungkan segi manajemen konstruksi dan anggaran biaya.

## **1.4 Tujuan**

Adapun tujuan yang diharapkan dari perencanaan struktur gedung ini antara lain:

1. Mahasiswa dapat merencanakan struktur beton bertulang bangunan tahan gempa dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).
2. Mahasiswa dapat merencanakan struktur atap baja pada Gedung Perkuliahan di Surabaya.
3. Mahasiswa dapat menghitung volume beton dan tulangan pada portal yang telah ditentukan.

4. Mahasiswa dapat menuangkan hasil perhitungan ke dalam gambar teknik.

### 1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang diharapkan dari perencanaan struktur gedung ini antara lain:

1. Mahasiswa mampu merencanakan bangunan tahan gempa dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).
2. Mahasiswa mampu merencanakan struktur atap baja.
3. Mahasiswa mampu menghitung volume beton dan tulangan pada portal yang telah ditentukan.
4. Mahasiswa mampu menuangkan hasil perhitungan ke dalam gambar teknik.

### 1.6 Data Proyek

1. Nama Proyek : Proyek Gedung-G Kampus Universitas Muhammadiyah Surabaya
2. Lokasi Proyek : Jalan Sutorejo No.59 Surabaya
3. Konsultan : PT. Alco Art Studio Consultant
4. Kontraktor : CV. Muriatama
5. Struktur Atas : Lantai 1-6 menggunakan struktur beton bertulang.
6. Struktur Atap : Baja Rigid Frame



**Gambar 1. 1** Lokasi Proyek

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Umum**

Struktur bangunan merupakan bagian dari sistem bangunan yang bekerja untuk menyalurkan beban akibat adanya bangunan di atasnya. Struktur berfungsi untuk memberi kekuatan dan kekakuan yang diperlukan untuk mencegah sebuah bangunan mengalami keruntuhan. Struktur terdiri dari unsur-unsur atau elemen-elemen yang berfungsi sebagai satu kesatuan utuh untuk menyalurkan semua jenis beban yang diantisipasi ke tanah.

Dalam bab ini akan dibahas mengenai Pembebanan, Struktur Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), Struktur Primer, dan Struktur Sekunder.

#### **2.2 Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)**

Menurut SNI 03-1726-2012, sistem struktur pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul oleh rangka pemikul momen melalui mekanisme lentur. Sistem ini dibagi menjadi 3, yaitu: SRPMB (Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa), SRPMM (Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah), dan SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus).

Sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM) merupakan salah satu sistem struktur gedung yang dirancang untuk memikul gaya-gaya yang terjadi akibat gempa untuk bangunan dengan Kategori Desain Seismik (KDS) C.

SRPMM memiliki beberapa prinsip, antara lain:

- 1) Keruntuhan geser tidak boleh terjadi sebelum keruntuhan lentur.
  - Keruntuhan yang bersifat mendadak seperti keruntuhan yang terjadi tidak memberi kesempatan pada penghuni untuk menyelamatkan diri harus dihindari.
  - Penulangan geser pada balok dan kolom dihitung berdasarkan kapasitas tulangan lentur terpasang, bukan hasil dari analisa struktur.

- Balok dirancang runtuh akibat letur terlebih dahulu, sehingga kuat geser dibuat lebih kuat daripada kuat lentur.
- 2) Kolom lebih kuat daripada balok.
  - Kerusakan dipaksakan terjadi pada balok.
  - Hubungan balok kolom didesain sesuai persyaratan gempa.

Sedangkan syarat-syarat dan perumusan yang dipakai pada perencanaan komponen struktur dengan sistem rangka pemikul momen menengah menurut SNI 03-2847-2013 adalah:

- 1) Detail dari penulangan komponen SRPMM harus memenuhi ketentuan pasal 21.3(4) tentang balok, bila beban aksial tekan terfaktor pada komponen struktur tidak melebihi  $A_g f_c' / 10$ , bila beban aksial tekan terfaktor melebihi  $A_g f_c' / 10$ , maka pasal 21.3(5) tentang kolom harus dipenuhi. Bila konstruksi pelat dua arah tanpa balok digunakan sebagai bagian dari sistem rangka pemikul beban lateral, maka penulangannya harus memenuhi pasal 21.3(6) tentang slab dua arah tanpa balok.
- 2) Kuat geser rencana balok, kolom, dan konstruksi pelat dua arah yang memikul beban gempa tidak boleh kurang dari jumlah gaya lintang yang timbul akibat aktivitas kuat lentur nominal komponen struktur pada setiap ujung bentang bersihnya dan gaya lintang akibat beban gravitasi terfaktor, atau gaya lintang maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban rencana termasuk pengaruh beban gempa,  $E$ , dimana nilai  $E$  diambil sebesar dua kali nilai yang ditentukan dalam peraturan perencanaan tahan gempa.

## **2.3 Pembebanan dan Kombinasi Beban pada Struktur Rangka Pemikul Momen Menengah**

Beban - beban yang dimasukkan pada perencanaan struktur gedung antara lain:

### **2.3.1 Beban Mati**

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung, dan

komponen arsitektural dan struktur lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran.(SNI 03-1727-2013 pasal 3.1.(1)).

### 2.3.2 Beban Hidup

Beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin,beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati.(SNI 03-1727-2013 pasal 4.1).

### 2.3.3 Beban Angin

Bangunan gedung dan struktur lain, termasuk Sistem Penahan Beban Angin Utama (SPBAU) dan seluruh komponen dan klading gedung, harus dirancang dan dilaksanakan untuk menahan beban angin seperti yang ditetapkan menurut pasal 26 sampai dengan pasal 31. (SNI 03-1727-2013 pasal 26).

Perhitungan Beban Angin:

#### 1. Kategori Resiko Bangunan

**Tabel 2. 1** Kategori Resiko Bangunan dan Struktur Lainnya untuk Beban Banjir, Angin, Salju, Gempa\*, dan Es

Penggunaan atau Pemanfaatan Fungsi Bangunan Gedung dan Struktur	Kategori Risiko
Bangunan gedung dan struktur lain yang merupakan risiko rendah untuk kehidupan manusia dalam kejadian kegagalan	I
Semua bangunan gedung dan struktur lain kecuali mereka terdaftar dalam Kategori Risiko I, III, dan IV	II
Bangunan gedung dan struktur lain, kegagalan yang dapat menimbulkan risiko besar bagi kehidupan manusia. Bangunan gedung dan struktur lain, tidak termasuk dalam Kategori Risiko IV, dengan potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi substansial dan/atau gangguan massa dari hari-	III

<p>ke-hari kehidupan sipil pada saat terjadi kegagalan.</p> <p>Bangunan gedung dan struktur lain tidak termasuk dalam Risiko Kategori IV (termasuk, namun tidak terbatas pada, fasilitas yang manufaktur, proses, menangani, menyimpan, menggunakan, atau membuang zat-zat seperti bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan peledak) yang mengandung zat beracun atau mudah meledak di mana kuantitas material melebihi jumlah ambang batas yang ditetapkan oleh pihak yang berwenang dan cukup untuk menimbulkan suatu ancaman kepada publik jika dirilis.</p>	
<p>Bangunan gedung dan struktur lain yang dianggap sebagai fasilitas penting.</p> <p>Bangunan gedung dan struktur lain, kegagalan yang dapat menimbulkan bahaya besar bagi masyarakat.</p> <p>Bangunan gedung dan struktur lain (termasuk, namun tidak terbatas pada, fasilitas yang memproduksi, memproses, menangani, menyimpan, menggunakan, atau membuang zat-zat berbahaya seperti bahan bakar, bahan kimia berbahaya, atau limbah berbahaya) yang berisi jumlah yang cukup dari zat yang sangat beracun dimana kuantitas melebihi jumlah ambang batas yang ditetapkan oleh pihak yang berwenang dan cukup menimbulkan ancaman bagi masyarakat jika dirilis<sup>a</sup>.</p> <p>Bangunan gedung dan struktur lain yang diperlukan untuk mempertahankan fungsi dari Kategori Risiko IV struktur lainnya.</p>	IV

Sumber : SNI 03-1727-2013 Tabel 1.5-1

Catatan:

\*Jenis bangunan sesuai dengan Tabel 1 SNI 1726.

<sup>a</sup>Bangunan gedung dan struktur lain yang mengandung racun, zat yang sangat beracun, atau bahan peledak harus memenuhi syarat untuk klasifikasi terhadap Kategori Risiko lebih rendah jika memuaskan pihak yang berwenang dengan suatu penilaian bahaya seperti dijelaskan dalam Pasal 1.5.3 bahwa pelepasan zat sepadan dengan risiko yang terkait dengan Kategori Risiko.

2. Kecepatan Angin Dasar

Kecepatan angin dasar dan arah angin didapatkan dari BMKG Jawa Timur (<http://meteo.bmkg.go.id>).

3. Parameter Beban Angin

a) Faktor Arah Angin ( $K_d$ )

Faktor arah angin,  $K_d$ , ditentukan berdasarkan tabel dibawah ini:

**Tabel 2. 2** Faktor Arah Angin,  $K_d$

Tipe Struktur	Faktor Arah Angin $K_d^*$
Bangunan Gedung	
Sistem Penahan Beban Angin Utama	0,85
Komponen dan Klading Bangunan Gedung	0,85
Atap Lengkung	0,85
Cerobong asap, Tangki, dan Struktur yang sama	
Segi empat	0,90
Segi enam	0,95
Bundar	0,95
Dinding pejal berdiri bebas dan papan reklame pejal berdiri bebas dan papan reklame terikat	0,85
Papan reklame terbuka dan kerangka kisi	0,85
Rangka batang menara	

Segi tiga, segi empat, persegi panjang	0,85
Penampang lainnya	0,95

Sumber: SNI 03-1727-2013 Tabel 26-6.1

Catatan:

\* Faktor arah *K<sub>d</sub>* telah dikalibrasi dengan kombinasi beban yang ditetapkan dalam Pasal 2. Faktor ini hanya diterapkan bila digunakan sesuai dengan kombinasi beban yang disyaratkan dalam Pasal 2.3 dan Pasal 2.4.

b) Kategori Eksposur

Kategori eksposur dijelaskan dalam SNI 03-1727-2013 Pasal 26.7.3 :

- Eksposur B : Untuk bangunan gedung dengan tinggi atap rata-rata kurang dari atau sama dengan 30ft(9,1m), Eksposur B berlaku bilamana kekasaran permukaan tanah, sebagaimana ditentukan oleh Kekasaran Permukaan B, berlaku diarah lawan angin untuk jarak yang lebih besar dari 1.500ft (457m). Untuk bangunan dengan tinggi atap rata-rata lebih besar dari 30ft(9,1m), Eksposur B berlaku bilamana Kekasaran Permukaan B berada dalam arah lawan angin untuk jarak lebih besar dari 2.600ft (792 m) atau 20 kali tinggi bangunan, pilih yang terbesar.
- Eksposur C: Eksposur C berlaku untuk semua kasus di mana Eksposur B atau D tidak berlaku.
- Eksposur D: Eksposur D berlaku bilamana kekasaran permukaan tanah, sebagaimana ditentukan oleh Kekasaran Permukaan D, berlaku diarah lawan angin untuk jarak yang lebih besar dari 5.000ft (1.524m) atau 20 kali tinggi bangunan, pilih yang terbesar. Eksposur D juga berlaku bilamana kekasaran permukaan tanah segera lawan angin dari situs B atau C, dan situs yang berada dalam jarak 600ft (183m) atau 20 kali tinggi bangunan, mana yang terbesar, dari kondisi Eksposur D sebagaimana ditentukan dalam kalimat sebelumnya. Untuk situs yang terletak di zona transisi antara katagori

exposure, harus menggunakan hasil katagori di gaya angin terbesar.

- Pengecualian: Eksposur menengah antara kategori sebelumnya diperbolehkan di zona transisi asalkan itu ditentukan oleh metode analisis rasional yang dijelaskan dalam literatur dikenal.

c) Faktor Topografi ( $K_{zt}$ )

Efek peningkatan kecepatan angin harus dimasukkan dalam perhitungan beban angin desain dengan menggunakan faktor  $K_{zt}$ :

$$K_{zt} = (1 + K_1 K_2 K_3)^2 \quad (2.1)$$

di mana  $K_1$ ,  $K_2$ , dan  $K_3$  diberikan dalam tabel dibawah. Jika kondisi situs dan lokasi gedung dan struktur bangunan lain tidak memenuhi semua kondisi yang disyaratkan dalam Pasal 26.8.1,  $K_{zt} = 1,0$ .

**Tabel 2. 3** Faktor Topografi

Parameter untuk peningkatan kecepatan di atas bukit dan tebing						
Bentuk bukit	$K1/(H /Lh)$			$\gamma$	$\mu$	
	Eksposur				Sisi angin datang dari puncak	Sisi angin pergi dari puncak
	B	C	D			
Bukit memanjang 2-dimensi (atau lembah dengan negatif $H$ dalam $K1/(H/Lh)$ )	1,30	1,5	1,55	3	1,5	1,5

Tebing 2-dimensi	0,75	0,85	0,95	2,5	1,5	4
Bukit simetris 3-dimensi	0,95	1,05	1,15	4	1,5	1,5

Sumber : SNI 03-1727-2013 Gambar 26.8-1

d) Faktor Efek Tiupan Angin ( $G$ )

Faktor efek-tiupan angin untuk suatu bangunan gedung dan struktur lain yang kaku boleh diambil sebesar 0,85 (SNI 03-1727 Pasal 26.9.1.)

Untuk menentukan apakah suatu bangunan gedung atau struktur lain adalah kaku atau fleksibel, frekuensi alami fundamental,  $n_1$ , harus ditetapkan menggunakan sifat struktural dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis yang dibuktikan secara benar. Bangunan bertingkat rendah diizinkan untuk dianggap kaku.

e) Kategori Ketertutupan

Untuk menentukan koefisien tekanan internal, semua bangunan gedung harus diklasifikasikan sebagai bangunan tertutup, tertutup sebagian, atau terbuka seperti dijelaskan dalam Pasal 26.2. (SNI 03-1727-2013 Pasal 26.10.1)

f) Koefisien Tekanan Internal ( $GC_{pi}$ )

Koefisien tekanan internal ditentukan berdasarkan klasifikasi ketertutupan bangunan. (SNI 03-1727-2013 Pasal 26.11)

**Tabel 2. 4** Koefisien Tekanan Internal

Klasifikasi Ketertutupan	$GC_{pi}$
Bangunan Gedung Terbuka	0,00
Bangunan Gedung Tertutup Sebagian	+0,55 -0,55
Bangunan Gedung Tertutup	+0,18 -0,18

Sumber: SNI 03-1727-2013 Tabel 26.11-1



Catatan:

1. Tanda positif dan negatif menandakan tekanan yang bekerja menuju dan menjauhi dari permukaan internal.
2. Nilai ( $GC_{pi}$ ) harus digunakan dengan  $qz$  atau  $qh$  seperti yang ditetapkan.
3. Dua kasus harus dipertimbangkan untuk menentukan persyaratan beban kritis untuk kondisi yang sesuai:
  - i. nilai positif dari ( $GC_{pi}$ ) diterapkan untuk seluruh permukaan internal
  - ii. nilai negatif dari ( $GC_{pi}$ ) diterapkan untuk seluruh permukaan internal
4. Koefisien Eksposur Tekanan Viskositas ( $K_h$  dan  $K_z$ )

Berdasarkan kategori eksposur yang ditentukan, koefisien eksposur tekanan velositas  $K_z$  atau  $K_h$  harus ditentukan dari tabel dibawah. Untuk situs yang terletak di zona transisi antara kategori eksposur yang dekat terhadap perubahan kekasaran permukaan tanah, diizinkan untuk menggunakan nilai menengah dari  $K_z$  atau  $K_h$  asalkan ditentukan dengan metode analisis rasional yang tercantum dalam literatur yang dikenal.

**Tabel 2. 5** Konstanta Eksposur Daratan

Eksposur	$\alpha$	$Z_0$ (ft)	$\frac{1}{a}$	$\frac{1}{b}$	$\bar{\alpha}$	$\bar{b}$	$c$	Dalam metrik		
								$\ell$ (ft)	$\bar{z}$	$Z_{min}$ (m)*
B	7,0	365,76	1/7	0,84	1/4,0	0,45	0,30	97,54	1/3,0	9,14
C	9,5	274,32	1/9,5	1,00	1/6,5	0,65	0,20	152,4	1/5,0	4,57
D	11,5	213,36	1/11,5	1,07	1/9,0	0,80	0,15	198,12	1/8,0	2,13

Sumber: SNI 03-1727-2013 Tabel 26.9-1

Catatan:

\* $Z_{min}$  = tinggi minimum yang dapat menjamin tinggi ekuivalen  $\bar{z}$  yang lebih besar dari 0,6h atau  $Z_{min}$ .

Untuk bangunan gedung dengan  $h \leq Z_{min}$ ,  $\bar{z}$  harus diambil sebesar  $Z_{min}$ .

**Tabel 2. 6** Koefisien Eksposur Tekanan Velositas,  $K_h$  dan  $K_z$

Tinggi di atas level tanah, $z$		Eksposur		
		B	C	D
ft	(m)			
0-15	(0-4,6)	0,57	0,85	1,03
20	(6,1)	0,62	0,90	1,08
25	(7,6)	0,66	0,94	1,12
30	(9,1)	0,70	0,98	1,16
40	(12,2)	0,76	1,04	1,22
50	(15,2)	0,81	1,09	1,27
60	(18)	0,85	1,13	1,31
70	(21,3)	0,89	1,17	1,34
80	(24,4)	0,93	1,21	1,38
90	(27,4)	0,96	1,24	1,40
100	(30,5)	0,99	1,26	1,43
120	(36,6)	1,04	1,31	1,48
140	(42,7)	1,09	1,36	1,52
160	(48,8)	1,13	1,39	1,55
180	(54,9)	1,17	1,43	1,58
200	(61,0)	1,20	1,46	1,61
250	(76,2)	1,28	1,53	1,68
300	(91,4)	1,35	1,59	1,73
350	(106,7)	1,41	1,64	1,78
400	(121,9)	1,47	1,69	1,82
450	(137,2)	1,52	1,73	1,86
500	(152,4)	1,56	1,77	1,89

Sumber : SNI 03-1727-2013 Tabel 27.3-1

Catatan:

a. Koefisien eksposur tekanan velositas  $K_z$  dapat ditentukan dengan rumus berikut:

- Untuk  $15 \text{ ft} \leq z \leq z_g$

$$K_z = 2,01 (z / z_g)^{2/\alpha} \quad (2.2)$$

- Untuk  $15 \text{ ft} \leq z \leq z_g$

$$K_z = 2,01 (15 / z_g)^{2/\alpha} \quad (2.3)$$

b.  $\alpha$  dan  $z_g$  sesuai 26.9-1

c. Interpolasi linier untuk nilai menengah tinggi  $z$  yang sesuai.

d. Kategori eksposur yang ditetapkan dalam pasal 26.7

5. Tekanan Velositas ( $q_z$  dan  $q_h$ )

Tekanan velositas,  $q_z$ , dievaluasi pada ketinggian  $z$  harus dihitung dengan persamaan berikut:

$$q_z = 0,00256 K_z K_{zt} K_d V^2 \text{ (lb/ft}^2\text{)} \quad (2.4)$$

Dalam SI:

$$q_z = 0,613 K_z K_{zt} K_d V^2 \text{ (N/m}^2\text{); } V \text{ dalam m/s}$$

dimana:

$K_d$  = faktor arah angin, lihat Pasal 26.6.

$K_z$  = koefisien eksposur tekanan velositas, lihat Pasal 27.3.1.

$K_{zt}$  = faktor topografi tertentu, lihat Pasal 26.8.2.

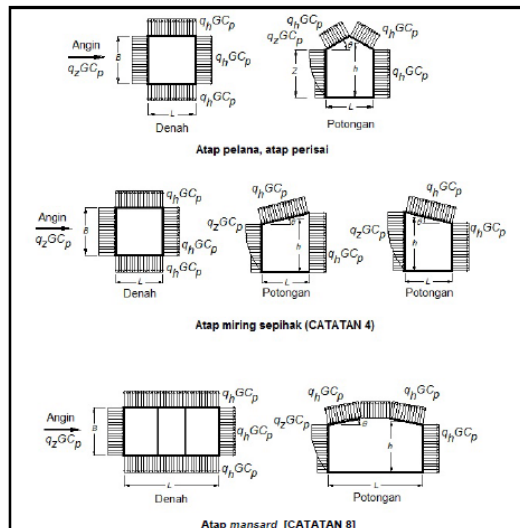
$V$  = kecepatan angin dasar, lihat Pasal 26.5.

$q_z$  = tekanan velositas dihitung menggunakan Persamaan 27.3-1 pada ketinggian  $z$ .

$q_h$  = tekanan velositas dihitung menggunakan Persamaan 27.3-1 pada ketinggian atap rata-rata  $h$ .

Koefisien numerik 0,00256 (0,613 dalam SI) harus digunakan kecuali bila ada data iklim yang tersedia cukup untuk membenarkan pemilihan nilai yang berbeda dari koefisien ini untuk aplikasi desain.

## 6. Koefisien Tekanan Eksternal



**Gambar 2. 1** Koefisien Tekanan Angin Eksternal,  $C_p$

Sumber : SNI 1727-2013 Gambar 27.4-1

**Tabel 2. 8** Koefisien Tekanan Dinding,  $C_p$ 

Koefisien tekanan dinding, $C_p$			
Pernukaan	L/B	$C_p$	Digunakan dengan
Dinding di sisi angin datang	Seluruh nilai	0,8	$q_z$
Dinding di sisi angin pergi	0 – 1	-0,5	$q_h$
	2	-0,3	
	$\geq 4$	-0,2	
Dinding tepi	Seluruh nilai	-0,7	$q_h$

Sumber: SNI 1727-2013 Gambar 27.4-1

**Tabel 2. 7** Koefisien Tekanan Atap,  $C_p$ , untuk digunakan dengan  $q_h$ 

Koefisien tekanan atap, $C_p$ , untuk digunakan dengan $q_h$													
Arah angin	Di sisi angin datang Sudut, $\theta$ (derajat)								Di sisi angin pergi Sudut, $\theta$ (derajat)				
	$h/L$	10	15	20	25	30	35	45	$\geq 60^\circ$	10	15	$\geq 20$	
Tegak lurus terhadap bubungan untuk $\theta \geq 10^\circ$		-0,7	-0,5	-0,3	-0,2	-0,2	0,0*	0,4	0,4		-0,3	-0,5	-0,6
	$\leq 0,25$	-0,18	0,0*	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,01 $\theta$				
	0,5	-0,9	-0,7	-0,4	-0,3	-0,2	-0,2	0,0*		-0,5	-0,5	-0,6	
		-0,18	-0,18	0,0*	0,2	0,2	0,3	0,4	0,01 $\theta$				
	$\geq 1,0$	-1,3**	-1,0	-0,7	-0,5	-0,3	-0,2	0,0	0,4	0,01 $\theta$	-0,7	-0,6	-0,6
		-0,18	-0,18	-0,18	0,0*	0,2	0,2	0,4	0,4	0,01 $\theta$			
Tegak lurus terhadap bubungan untuk $\theta < 10^\circ$ sejajar bubungan untuk semua $\theta$	$\leq 0,5$	Jarak horizontal dari tepi sisi angin datang				$C_p$		* Nilai disediakan untuk keperluan interpolasi.					
		0 sampai dengan $h/2$				-0,9, -0,18		** Nilai dapat direduksi secara linier dengan luas yang sesuai berikut ini:					
		$h/2$ sampai dengan $h$				-0,9, -0,18							
		$h$ sampai dengan $2h$				-0,5, -0,18							
	$> 2h$				-0,3, -0,18								
	$\geq 1,0$	0 sampai dengan $h/2$				-1,3**, -0,18		Luas (ft <sup>2</sup> )		Faktor reduksi			
		$> h/2$				-0,7, -0,18		$\leq 100$ (9,3 m <sup>2</sup> )		1,0			
								250 (23,2 m <sup>2</sup> )		0,9			
							$\geq 1000$ (92,9 m <sup>2</sup> )		0,8				

Sumber: SNI 1727-2013 Gambar 27.4-1

## 7. Tekanan Angin ( $P$ )

Tekanan angin desain untuk SPBAU bangunan gedung dari semua ketinggian harus ditentukan persamaan berikut:

$$p = qGCp - qi(GCpi) \text{ (lb/ft}^2\text{) (N/m}^2\text{)} \quad (2.5)$$

dimana:

$q = q_z$  untuk dinding di sisi angin datang yang diukur pada ketinggian  $z$  di atas permukaan tanah

$q = q_h$  untuk dinding di sisi angin pergi, dinding samping, dan atap yang diukur pada ketinggian  $h$

$qi = q_h$  untuk dinding di sisi angin datang, dinding samping, dinding di sisi angin pergi, dan atap bangunan gedung tertutup untuk mengevaluasi tekanan internal negatif pada bangunan gedung tertutup sebagian

$q_i = q_z$  untuk mengevaluasi tekanan internal positif pada bangunan gedung tertutup sebagian bila tinggi  $z$  ditentukan sebagai level dari bukaan tertinggi pada bangunan gedung yang dapat mempengaruhi tekanan internal positif. Untuk bangunan gedung yang terletak di wilayah berpartikel terbawa angin, kaca yang tidak tahan impact atau dilindungi dengan penutup tahan impact, harus diperlakukan sebagai bukaan sesuai dengan Pasal 26.10.3. Untuk menghitung tekanan internal positif,  $q_i$  secara konservatif boleh dihitung pada ketinggian  $h$  ( $q_i = q_h$ )

$G$  = faktor efek-tiupan angin, lihat Pasal 26.9

$C_p$  = koefisien tekanan eksternal dari Gambar 27.4-1, 27.4-2 dan 27.4-3

( $GC_{pi}$ ) = koefisien tekanan internal dari Tabel 26.11-1  $q$  dan  $q_i$  harus dihitung dengan menggunakan eksposur yang ditetapkan dalam Pasal 26.7.3.

Tekanan harus diterapkan secara bersamaan pada dinding di sisi angin datang dan disisi angin pergi pada permukaan atap seperti ditetapkan dalam Gambar 27.4-1, 27.4-2 dan 27.4-3.

#### 2.3.4 Beban Gempa

Gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewati besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2 persen. (SNI 03-1726-2012 pasal 4.1.(1)).

Perhitungan Gempa :

##### 1. Faktor Keutamaan ( $I_e$ )

Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan menurut SNI 03-1726-2012 termasuk kategori IV, sehingga didapat faktor keutamaan ( $I_e$ )=1,5.

**Tabel 2. 9** Katergori Resiko Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bangunan-bangunan monumental</li> <li>• Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan</li> <li>• Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat.</li> <li>• Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat.</li> <li>• Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya.</li> <li>• Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi, dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat.</li> <li>• Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat.</li> <li>• Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat.</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk kedalam kategori resiko IV.</p>	IV

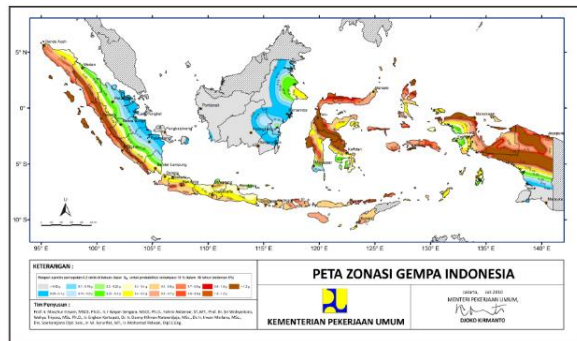
Sumber: SNI 03-1726-2012 Tabel 1

**Tabel 2. 10** Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Resiko	Faktor Keutamaan Gempa, $I_e$
I atau II	1,00
III	1,25
IV	1,50

Sumber: SNI 03-1726-2012 Tabel 2

2. Parameter Percepatan Respons Spektral MCE dari Peta Gempa pada Periode Pendek ( $S_s$ ) dan Parameter Percepatan Respons Spektral MCE dari Peta Gempa pada Periode 1 detik ( $S_1$ ).



**Gambar 2. 2** Peta Respon Spektra Percepatan 0,2 Detik ( $S_s$ ) untuk Probabilitas Terlampaui 10% dalam 50 Tahun



**Gambar 2. 3** Peta Respon Spektra Percepatan 0,1 Detik ( $S_1$ ) untuk Probabilitas Terlampaui 10% dalam 50 Tahun

### 3. Klasifikasi Situs

Sesuai dengan SNI 03-1726-2012, dijelaskan bahwa profil tanah dibagi menjadi beberapa kelas, sesuai dengan tabel di bawah.

**Tabel 2. 11** Klasifikasi Kelas Situs

Kelas Situs	$\bar{v}_s$ (m/detik)	N atau $N_{ch}$	$s_u$ (kpa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 1500	>50	$\geq 100$
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100

Sumber : SNI 03-1726-2012 Tabel 3

### 4. Faktor Koefisien Situs dan Parameter Respon ( $F_a$ , $F_v$ , $S_{MS}$ , $SD1$ ) sesuai dengan SNI 03-1726-2012.

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s \quad (2.6)$$

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1 \quad (2.7)$$

Dimana nilai dari  $F_a$  dan  $F_v$  dapat dilihat pada tabel di bawah:

Sumber: SNI 03-1726-2012 Tabel 4

**Tabel 2. 12** Koefisien Situs  $F_a$

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ detik, $S_s$				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	$SS^b$				



Catatan : Untuk nilai-nilai antara  $S_s$  dapat dilakukan interpolasi linier.

**Tabel 2. 13** Koefisien Situs  $F_v$

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ detik, $S_s$				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	$SS^b$				

Sumber: SNI 1726-2012 Tabel 5

Catatan: Untuk nilai-nilai antara  $S_1$  dapat dilakukan interpolasi linier.

5. Parameter Percepatan Spektral Desain ( $S_{D1}, S_{DS}$ ) sesuai SNI 03-1726-2012 Pasal 6.3.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (2.8)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (2.9)$$

6. Kategori Desain Seismik (KDS)

**Tabel 2. 14** Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda Pendek

Nilai $S_{DS}$	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Sumber: SNI 03-1726-2012 Tabel 6

**Tabel 2. 15** Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik

Nilai $S_{DS}$	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DI} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{DI} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{DI} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{DI}$	D	D

Sumber: SNI 03-1726-2012 Tabel 7

#### 7. Respon Spektrum Desain

Respon Spektrum Desain merupakan grafik yang menunjukkan nilai besaran respon struktur dengan periode (waktu getar) tertentu.

- a. Untuk perioda yang lebih kecil dari  $T_0$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$ , harus diambil dari persamaan :

$$S_a = S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (2.10)$$

- b. Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan  $T_0$  dan lebih kecil dari atau sama dengan  $T_s$ , spektrum respons percepatan desain  $S_a$  sama dengan  $S_{DS}$ .

- c. Untuk perioda lebih besar dari  $T_s$ , spektrum respons percepatan desain  $S_a$ , diambil berdasarkan persamaan:

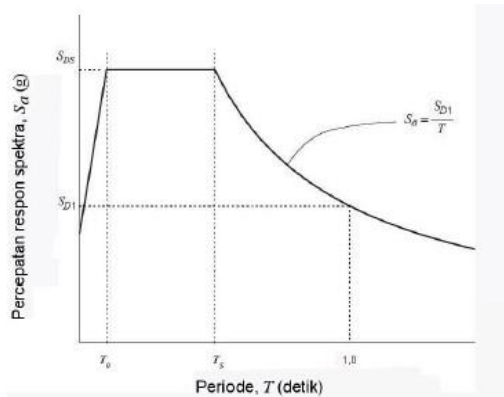
$$S_a = \frac{SD1}{T} \quad (2.11)$$

dimana :

$$T_0 = 0,2 \frac{SD1}{SDS} \quad (2.12)$$

$$T_s = \frac{SD1}{SDS} \quad (2.13)$$

Berikut adalah grafik respons spektrum :



**Gambar 2. 4** Spektrum Respon Desain

#### 8. Faktor Reduksi Gempa ( $R$ )

Gedung direncanakan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) beton bertulang, sehingga faktor reduksinya:

**Tabel 2. 16** Faktor Reduksi Gempa

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, $R^a$	Faktor kuat-lebih sistem, $\Omega_0^g$	Faktor pembesaran defleksi, $C_d^b$	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_n$ (m) $^c$					
				Kategori desain seismik					
				B	C	D $^d$	E $^d$	F $^e$	
24. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2½	2½	2½	TB	TB	10	TB	TB	
25. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	48	48	30	
26. Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30	
<b>C. Sistem rangka pemikul momen</b>									
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB	
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	TI	
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10 <sup>h/l</sup>	TI <sup>h</sup>	TI <sup>l</sup>	
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI <sup>h</sup>	TI <sup>h</sup>	TI <sup>l</sup>	
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB	
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI	
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI	
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB	

Sumber: SNI 03-1726-2012 Tabel 9

9. Periode Fundamental Pendekatan ( $T_a$ )

Sesuai SNI 1726-2012 Pasal 7.8.2, periode fundamental pendekatan,  $T_a$ , dalam detik harus ditentukan dengan persamaan:

$$T_a = C_t h_n^x \quad (2.14)$$

dimana:

$h_n$  = Ketinggian struktur (m)

Koefisien  $C_u$  diperoleh dari tabel dibawah:

**Tabel 2. 17** Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung

Parameter Percepatan Respons Spektral Desain pada 1 detik, $S_{D1}$	Koefisien $C_u$
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Sumber : SNI 03-1726-2012 Tabel 14

Sedangkan untuk nilai parameter periode pendekatan  $C_t$  dan  $x$ , diperoleh dari tabel dibawah:

**Tabel 2. 18** Nilai Parameter Periode Pendekatan  $C_t$  dan  $x$

Tipe Struktur	$C_t$	$x$
Sistem rangka pemikul momen dimana rangka pemikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa.		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 <sup>a</sup>	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 <sup>a</sup>	0,9

Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 <sup>a</sup>	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 <sup>a</sup>	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 <sup>a</sup>	0,75

Sumber: SNI 03-1726-2012 Tabel 15

#### 10. Koefisien Respon Seismik (Cs)

Koefisien respon seismik dijelaskan pada SNI 1726-2012

Pasal 7.8.1.1

$$Cs = \left( \frac{S_{DS}}{R/I} \right) \quad (2.15)$$

Nilai Cs yang dihitung diperlu melebihi:

$$Cs \text{ maks} = \frac{S_{D1}}{T \left( \frac{R}{I} \right)} \quad (2.16)$$

Nilai Cs tidak kurang dari:

$$Cs \text{ min} = 0,044 S_{DS} I \geq 0,01 \quad (2.17)$$

#### 11. Gaya Geser Seismik (V)

Sesuai SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.1, gaya geser seismik, V, dalam arah yang ditetapkan dihitung dengan persamaan berikut :

$$V = Cs.W \quad (2.18)$$

atau

$$V = \left( \frac{S_{DS}}{(R/I_e)} \right) W \quad (2.19)$$

dimana :

V = Gaya geser seismik

Cs = Koefisien respons seismik yang diperlukan

W = Berat seismik efektif

SDS= Parameter percepatan spektrum respons desain dalam rentang perioda pendek.

R = Faktor modifikasi respons

Ie = Faktor keutamaan gempa

## 12. Menghitung distribusi vertikal gaya gempa ( $F_x$ )

Sesuai SNI 03-1726-2012, gaya gempa lateral,  $F_x$ , disemua tingkat ditentukan dengan persamaan:

$$F_x = C_{vx} \times V \quad (2.20)$$

$$C_{vx} = \frac{W_x \cdot h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot h_i^k} \quad (2.21)$$

dimana :

$C_{vx}$  = Faktor distribusi vertikal

$V$  = gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur, dinyatakan dalam kilonewton ( kN)

$W_i$  dan  $W_x$  = bagian berat seismic efektif total struktur ( $W$ ) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat  $I$  atau  $x$ .

$H_i$  dan  $H_x$  = tinggi dari dasar sampai tingkat  $I$  atau  $x$ , dinyatakan dalam meter.

$F_x$  = gaya dasar di tingkat  $x$

$K$  = eksponen yang terkait dengan perioda struktur sebagai berikut :

- Untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 0.5 detik atau kurang,  $k = 1$ .
- Untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 2.5 detik atau lebih,  $k = 2$ .
- Untuk struktur yang mempunyai perioda antara 0.5 dan 2.5 detik,  $k$  harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linier 1 dan 2.

### 2.3.5 Kombinasi Pembebanan

Struktur dan komponen-elemen struktur sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi-kombinasi sesuai SNI 03-1726-2012 Pasal 4.2.2 sebagai berikut:

1. 1,4 D
2. 1,2 D + 1,6 L + 0,5 ( $L_r$  atau R)
3. 1,2 D + 1,6 ( $L_r$  atau R) + (L atau 0,5W)
4. 1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 ( $L_r$  atau R)

5.  $1,2 D + 1,0 E + L$
6.  $0,9D + 1,0 W$
7.  $0,9D + 1,0E$

## **2.4Perencanaan Struktur Primer**

### **2.4.1 Perencanaan Balok**

Berdasarkan syarat-syarat dari rangka momen menengah pada SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3, bahwa gaya tekan aksial terfaktor,  $P_u$ , untuk komponen struktur tidak boleh melebihi  $A_g \cdot f_c' / 10$ , harus memenuhi ketentuan :

- Kekuatan momen positif pada muka joint  $\geq 1/3$  kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint.
- Kekuatan momen negatif atau positif pada sebarang penampang  $\geq 1/5$  kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.
- Pada kedua ujung balok, sengkang harus disediakan dengan panjang  $\geq 2h$  diukur dari muka komponen struktur penumpu ke arah tengah bentang. Sengkang pertama ditempatkan  $\leq 50$  mm dari muka komponen struktur penumpu. Spasi sengkang kurang dari:
  - a.  $d/4$
  - b. 8 kali diameter tulangan longitudinal terkecil
  - c. 24 kali diameter tulangan sengkang
  - d. 300 mm
- Spasi sengkang  $\leq d/2$  sepanjang panjang balok.

#### **2.4.1.1 Perencanaan Dimensi Balok**

Perencanaan dimensi balok ini digunakan untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan-tulangan mutu 420 Mpa. Untuk merencanakan tebal minimum balok,  $h$ , pada balok induk nilai  $h$  dapat diambil sebesar  $L/12$ . Sedangkan pada balok anak, nilai  $h$  dapat diambil sebesar  $L/21$ . untuk balok kantilever, nilai  $h$  dapat diambil sebesar  $L/8$ . Untuk  $f_y$  selain 420 Mpa, nilai  $h$  harus dikalikan dengan  $(0,4 + f_y/700)$ . Untuk merencanakan lebar balok,  $b$ , dapat diambil  $2/3$  dari tebal minimum balok.

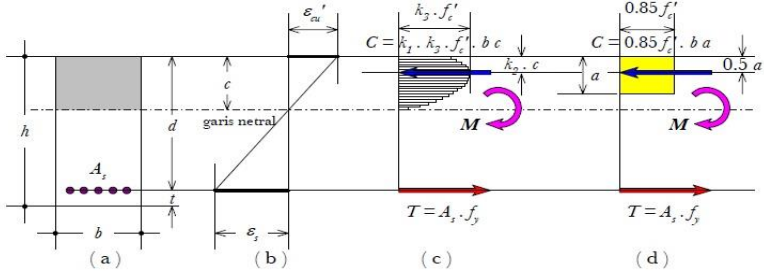
#### 2.4.1.2 Perencanaan Tulangan Lentur Balok

Desain kekuatan komponen struktur untuk beban lentur didasarkan pada asumsi :

- Regangan pada tulangan dan beton harus diasumsikan berbanding lurus dengan jarak dari sumbu netral, kecuali untuk balok tinggi.
- Regangan maksimum yang dapat dimanfaatkan pada serat tekan beton terluar harus diasumsikan sama dengan 0,003.
- Tegangan pada tulangan yang nilainya lebih kecil daripada kekuatan leleh  $f_y$  harus diambil sebesar  $E_s$  dikalikan regangan baja. Untuk regangan yang nilainya lebih besar dari regangan leleh yang berhubungan dengan  $f_y$ , tegangan pada tulangan harus diambil sama dengan  $f_y$ .
- Kuat tarik beton harus diabaikan dalam perhitungan aksial dan lentur.
- Hubungan antara distribusi tegangan tekan beton dan regangan beton boleh diasumsikan berbentuk persegi, trapesium, parabola atau bentuk lain yang sesuai dengan hasil pengujian.
- Tegangan beton sebesar  $0,85f_c'$  diasumsikan terdistribusi secara merata pada daerah ekuivalen yang dibatasi oleh tepi penampang dan garis lurus sejajar sumbu netral sejarak  $a = \beta_1 c$  dari serat dengan regangan tekan maksimum.
- Jarak  $c$  dari serat dengan regangan maksimum ke sumbu netral, diukur tegak lurus sumbu tersebut.
- Faktor  $\beta_1$  harus diambil sebesar 0,85 untuk kuat tekan beton antara 17 dan 28 MPa, dan direduksi sebesar 0,05 untuk tiap kelebihan 7 MPa di atas 28 MPa, namun tidak kurang dari 0,65.



### 2.4.1.2.1 Perencanaan Tulangan Tunggal



**Gambar 2. 5** Analisa Penmapang Tulangan Tunggal

1. Tentukan momen tumpuan dan lapangan pada balok yang didapat dari output program bantu SAP 2000 v.14.
2. Diberikan nilai  $f_c'$ ,  $f_y$ , diameter tulangan lentur, dan momen ultimate.

3. Hitung nilai  $\rho_{\text{perlu}}$ ,  $\rho_{\text{min}}$ , dan  $\rho_{\text{max}}$   
 SNI 03-2847-2013 Pasal

$$\rho_{\text{min}} = 1,4/f_y \quad (2.22)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) \quad (2.23)$$

(Wang, C.Salmon, hal 55 pers 3.8.4.a)

$$\rho_b = 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f_c'}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (2.24)$$

(SNI 03-2847-2013 Lampiran B.8.4.2)

$$\rho_{\text{max}} = 0,75\rho_b \quad (2.25)$$

(SNI 03-2847-2013 Lampiran B.10.3.3)

4. Luas tulangan perlu

$$A_s = \rho b d \quad (2.26)$$

5. Hitung  $\alpha$

$$\alpha = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 f_c' b} \quad (2.27)$$

6. Hitung  $M_n$

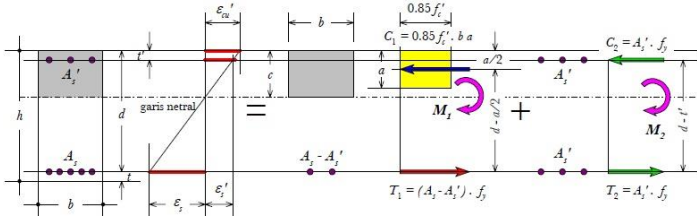
$$M_n = A_s \cdot f_y \times \left( d - \frac{\alpha}{2} \right) \quad (2.28)$$

## 7. Kontrol kekuatan

$$\phi Mn \geq Mu$$

(2.29)

## 2.4.1.2.2 Perencanaan Tulangan Rangkap

**Gambar 2. 6** Analisa Penampang Tulangan Rangkap

1. Tentukan momen tumpuan dan lapangan pada balok yang didapat dari output program bantu SAP 2000 v.14.
2. Diberikan nilai  $f_c'$ ,  $f_y$ , diameter tulangan lentur, dan momen ultimate.

3. Ambil suatu harga X, dimana  $X \leq 0,75 X_b$

$$Xb = \frac{600 d}{600 + f_y} \quad (2.30)$$

4. Ambil Asc berdasarkan X rencana

$$Asc = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot x}{f_y} \quad (2.31)$$

5. Hitung Mnc

$$Mnc = Asc \cdot f_y \left( d - \frac{\beta_1 \cdot x}{2} \right) \quad (2.32)$$

6. Hitung Mn-Mnc

Apabila:

$Mn - Mnc > 0$  Perlu tulangan tekan

$Mn - Mnc \leq 0$  Tidak perlu tulangan tekan

7. Bila perlu tulangan tekan maka:

$$Cs' = T_2 = \frac{Mn - Mnc}{(d - d'')} \quad (2.33)$$

8. Kontrol tulangan tekan leleh

$$fs' = \left( 1 - \frac{d''}{x} \right) 600 \geq f_y, \text{Leleh } fs' = f_y \quad (2.34)$$

$$f_s' = \left(1 - \frac{d''}{x}\right) 600 < f_y, \text{Tidak leleh } f_s' = f_s' \quad (2.35)$$

9. Hitung tulangan tekan perlu dan tulangan tarik tambahan

$$A_s' = \frac{C_s'}{(f_s' - 0,85 f_c')} \quad (2.36)$$

$$A_{ss} = \frac{T_2}{f_y} \quad (2.37)$$

10. Hitung nilai  $\rho_{\text{perlu}}$ ,  $\rho_{\text{min}}$ , dan  $\rho_{\text{max}}$

11. Tulangan perlu

$$A_s = A_{sc} + A_{ss} \quad (2.38)$$

$$A_s' = A_s' \quad (2.39)$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.1, nilai kekuatan momen positif pada muka joint ( $A_s'$ ) tidak boleh kurang dari sepertiga nilai dari kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint ( $A_s$ ).

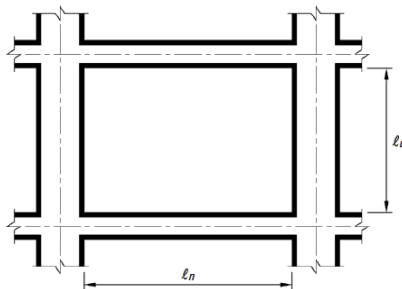
12. Kontrol kekuatan

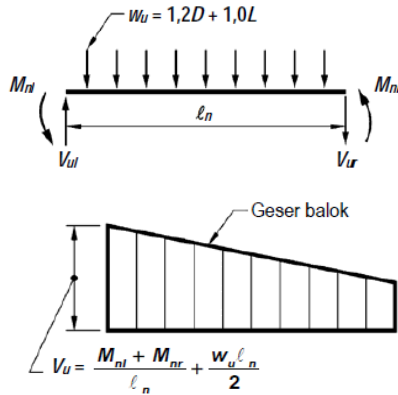
$$\phi M_n \geq M_u \quad (2.40)$$

#### 2.4.1.3 Perencanaan Tulangan Geser Balok

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.3.1,  $\phi V_n$  balok yang menahan pengaruh gempa, E, tidak boleh kurang dari (a) dan (b):

- Jumlah geser yang terkait dengan perkembangan  $M_n$  balok pada setiap ujung bentang bersih yang terkekang akibat lentur kurvatur balik dan geser yang dihitung untuk beban gravitasi terfaktor.





**Gambar 2. 7** Geser Desain Balok untuk Rangka Momen Menengah

- b. Geser maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban desain yang melibatkan gaya gempa E, dengan E diasumsikan sebesar dua kali.

Kekuatan geser nominal beton,  $V_n$  merupakan kombinasi dari kuat geser yang dipikul oleh beton,  $V_c$ , dan kuat geser yang dipikul oleh baja tulangan,  $V_s$ , atau dalam persamaan dapat dituliskan:

$$V_n = V_c + V_s \quad (2.41)$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.1.2 syarat kekuatan geser, nilai dari  $\sqrt{f_c'}$  tidak boleh melebihi 8,3 MPa.

Besarnya  $V_c$  untuk komponen struktur yang dikenai geser dan lentur saja menurut SNI 2847-2013 pasal 11.2.1.1 adalah:

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f_c'} b_w d \quad (2.42)$$

Besarnya  $V_s$  minimum pada tulangan geser adalah:

$$V_s = \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} b_w d \quad (2.43)$$

Pada dasarnya dalam merencanakan tulangan geser dibagi menjadi beberapa kondisi:

- a.  $V_u \leq 0,5\phi V_c$
- b.  $0,5\phi V_c \leq V_c \leq \phi V_c$

- c.  $\phi V_c \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{s \min})$
- d.  $\phi (V_c + V_{s \min}) \leq V_u \leq \phi (V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} b_w d)$
- e.  $\phi (V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} b_w d) \leq V_u \leq \phi (V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} b_w d)$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.2, pembagian wilayah geser balok dibagi menjadi tiga wilayah:

- Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan), sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom ke arah tengah bentang.
- Wilayah 2 (daerah lapangan), dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke setengah bentang balok.

#### 2.4.1.4 Perencanaan Tulangan Torsi Balok

Balok yang memiliki puntir akibat tidak seimbangnya beban pada balok pendukung pelat. Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5, pengaruh torsi boleh diabaikan bila momen torsi terfaktor,  $T_u$  kurang dari:

$$\phi 0,083 \lambda \sqrt{f_c'} \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \quad (2.44)$$

Namun berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.2.2(a), nilai  $T_u$  maksimal adalah:

$$\phi 0,33 \lambda \sqrt{f_c'} \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \quad (2.45)$$

Untuk komponen struktur non-prategang.

Untuk memikul geser oleh lentur dan puntir, dimensi penampang harus direncanakan :

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1,7 A_{ch}^2}\right)} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + 0,66 \sqrt{f_c'}\right) \quad (2.46)$$

Dalam mendesain tulangan torsi, harus memenuhi:

$$\phi T_n \geq T_u \quad (2.47)$$

Sedangkan  $T_n$  dihitung dengan persamaan :

$$T_n = \frac{2 A_o A_t f_{yt}}{s} \cot \theta \quad (2.48)$$

Dengan  $A_o$  boleh diambil sama dengan 0,85 ;  $\theta$  boleh diambil sama dengan 45 derajat untuk komponen struktur non prategang atau komponen struktur prategang dengan gaya prategang efektif kurang dari 40 persen kekuatan tarik longitudinal.

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.7, Luas tulangan longitudinal tambahan untuk menahan torsi,  $A_t$  tidak boleh kurang dari:

$$A_t = \frac{A_t}{s} p_h \left( \frac{f_y t}{f_y} \right) \cot^2 \theta \quad (2.49)$$

#### 2.4.1.5 Panjang Penyaluran Balok

Menurut SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2.1, panjang penyaluran dalam kondisi tarik dapat dihitung dengan cara :

- Untuk tulangan atau kawat ulir D-19 dan yang lebih kecil:

$$\ell d = \left( \frac{f_y \psi_t \psi_e}{2,1 \lambda \sqrt{f_c'}} \right) db \quad (2.50)$$

- Untuk tulangan D-22 dan yang lebih besar :

$$\ell d = \left( \frac{f_y \psi_t \psi_e}{1,7 \lambda \sqrt{f_c'}} \right) db \quad (2.51)$$

Sedangkan untuk panjang penyaluran dalam kondisi tekan menurut SNI 03-2847-2013 Pasal 12.3.1 adalah:

$$\ell d = \left( \frac{0,24 f_y}{\lambda \sqrt{f_c'}} \right) db \quad (2.51)$$

Untuk panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik, menurut SNI 03-2847-2013 Pasal 12.5.1 dapat dihitung dengan cara:

$$\ell d = \left( \frac{0,24 \psi_e f_y}{\lambda \sqrt{f_c'}} \right) db \quad (2.52)$$

#### 2.4.2 Perencanaan Kolom

Berdasarkan syarat-syarat dari rangka pemikul momen menengah menurut SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.5 , perhitungan tulangan kolom yang mempunyai gaya tekan aksial terfaktor,  $P_u$ , lebih dari  $A_g f_c' / 10$  memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- Pada kedua ujung kolom, sengkang harus disediakan dengan spasi  $s_o$  sepanjang panjang  $l_o$  diukur dari muka joint. Spasi  $s_o$  tidak boleh melebihi yang terkecil dari ketentuan:
  - a) 8 kali diameter batang tulangan longitudinal terkecil.
  - b) 24 kali diameter batang tulangan begel.
  - c)  $\frac{1}{2}$  kali dimensi penampang kolom terkecil.
  - d) 300 mm

- Panjang  $l_0$  tidak boleh kurang dari yang terbesar dari:
  - a)  $1/6$  bentang bersih kolom.
  - b) Dimensi penampang maksimum kolom.
  - c) 450 mm
- Sengkang tertutup pertama harus ditempatkan tidak lebih dari  $s_0/2$  dari muka joint.
- Diluar panjang  $l_0$  spasi tulangan transversal tidak boleh melebihi  $d/2$  pada komponen struktur non-prategang dan  $0,75h$  pada komponen struktur prategang ataupun 600 mm.

#### 2.4.2.1 Perencanaan Dimensi Kolom

Dimensi kolom direncanakan lebar kolom,  $b$ , sama dengan tinggi kolom  $h$ , sehingga dimensi dapat dicari menggunakan persamaan:

$$\frac{I_{kolom}}{L_{kolom}} \geq \frac{I_{balok}}{L_{balok}} \quad (2.53)$$

Dengan  $L$  adalah bentang bersih, dan  $I$  adalah momen inersia sebesar  $\frac{1}{12}bh^3$ .

#### 2.4.2.2 Perencanaan Lentur dan Aksial Kolom

##### a) Kekakuan EI

Sesuai SNI 03-2847-2013 Pasal 10.10.6.1 nilai EI boleh diambil sebesar:

$$EI = \frac{(0,2 EcI_g + Es I_{se})}{1 + \beta_{dns}} \quad (2.54)$$

atau

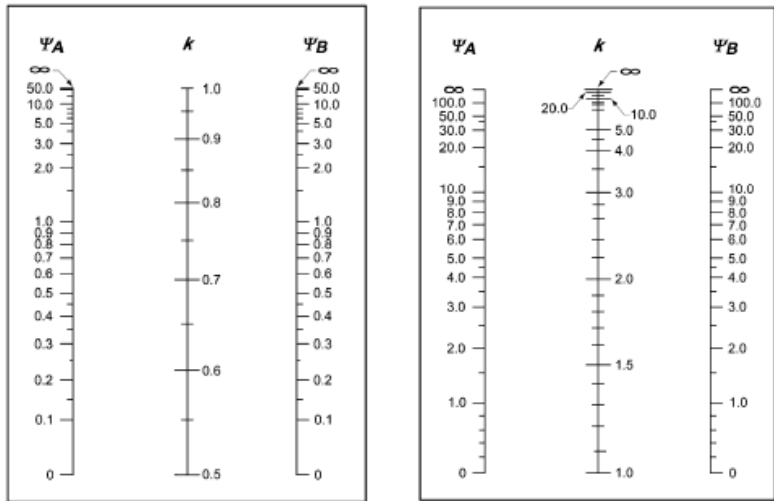
$$EI = \frac{0,4 Ec I_g}{1 + \beta_{dns}} \quad (2.55)$$

##### b) Faktor Kekangan Ujung

Sesuai SNI 03-2847-2013 Pasal 10.10.7.2, faktor kekangan ujung didefinisikan sebagai ratio antara sigma kekakuan dibagi panjang kolom dengan ratio antara sigma kekakuan dibagi panjang balok yang diukur dari pusat ke pusat pertemuan (*joint*). dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\psi = \frac{\sum \left( \frac{EI}{L} \right)_{kolom}}{\sum \left( \frac{EI}{L} \right)_{balok}} \quad (2.56)$$

Setelah mendapatkan nilai faktor kekakuan pada akan didapatkan faktor panjang efektif,  $k$ , yang ditentukan dari nomogram (SNI 2847-2013 gambar S10.10.1.1)



**Gambar 2. 8** Rangka Tidak Bergoyang dan Rangka Bergoyang

c) Kontrol Kelangsingan

Karena kolom dibebani gaya aksial dan lentur maka perlu ditinjau terhadap bahaya tekuk sehingga perlu dilakukan cek kelangsingan.

Sesuai SNI 2847-2013 Pasal 10.10.1, untuk komponen struktur tekan yang diberi pengekang, dikatakan langsing apabila:

$$\frac{k\ell_u}{r} \geq 22 \quad (2.57)$$

Sedangkan untuk komponen yang tidak diberi pengekang, dikatakan langsing apabila:

$$\frac{k\ell_u}{r} \geq 34 - 12 \left( \frac{M_1}{M_2} \right) \quad (2.58)$$



d) Beban Kritis ( $P_c$ )

Menurut SNI 03-2847-2013 Pasal 10.10.6

$$P_c = \frac{\pi^2 \times EI_{kolom}}{(k \times Lu)^2} \quad (2.59)$$

e) Faktor  $C_m$ 

Menurut SNI 03-2847-2013 Pasal 10.10.6.4

$$C_m = 0,6 + 0,4 \frac{M_1}{M_2} \quad (2.60)$$

## f) Faktor pembesaran momen

Dalam menentukan faktor pembesaran momen, maka struktur harus ditentukan terlebih dahulu apakah struktur itu bergoyang atau tidak bergoyang.

Sesuai SNI 2847-2013 Pasal 10.10.6, untuk struktur portal tidak bergoyang, besarnya faktor pembesaran momen,  $M_c$ , adalah :

$$M_c = \delta_{ns} \cdot M_2 \quad (2.61)$$

Sesuai SNI 2847-2013 Pasal 10.10.7 untuk struktur portal bergoyang, besarnya faktor pembesaran momen,  $M_c$ , adalah:

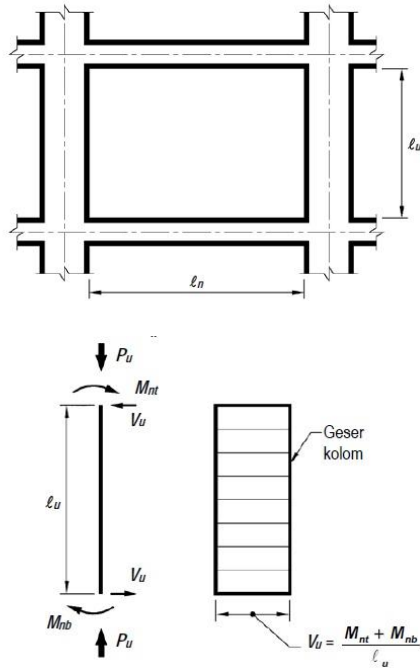
$$M_1 = M_{1ns} + \delta_s M_{1s} \quad (2.62)$$

$$M_2 = M_{2ns} + \delta_s M_{2s} \quad (2.63)$$

## 2.4.2.3 Perencanaan Geser Kolom

Berdasarkan persyaratan dari rangka momen menengah, nilai  $\phi V_n$  kolom yang menahan pengaruh gempa,  $E$ , tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari :

- a. Geser yang terkait dengan pengembangan kekuatan momen nominal pada setiap ujung terkekang dari panjang tak tertumpu akibat lentur kurvatur terbalik. Kekuatan lentur kolom harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor, konsisten dengan arah gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan kekuatan lentur tertinggi.



**Gambar 2. 9** Geser Desain Kolom  
untuk Rangka Momen Menengah

- b. Geser maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban desain yang melibatkan, E, dengan E ditingkatkan oleh  $\Omega_o$ . Kekuatan geser nominal beton,  $V_n$  merupakan kombinasi dari kuat geser yang dipikul oleh beton,  $V_c$ , dan kuat geser yang dipikul oleh baja tulangan,  $V_s$ , atau dalam persamaan dapat dituliskan:

$$V_n = V_c + V_s \quad (2.64)$$

Besarnya  $V_c$  untuk komponen struktur yang dikenai tekan aksial menurut SNI 2847-2013 pasal 11.2.1.2 adalah:

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_w d \quad (2.65)$$

Besarnya  $V_s$  minimum pada tulangan geser adalah:

$$V_s = \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} b_w d \quad (2.66)$$

Sesuai PERENCANAAN LANJUT STRUKTUR BETON BERTULANG 12.3.3, jumlah momen lentur rencana yang terjadi di ujung-ujung balok merangkak di bagian bawah dan atas kolom yang ditinjau, pada saat struktur rangka menerima gaya lateral, menghasilkan gaya geser kolom,  $V_{sway}$ , yaitu:

$$V_{sway} = \frac{M_{pr-top} DF_{top} + M_{pr-btm} DF_{btm}}{lu} \quad (2.67)$$

dimana:

$DF$  = faktor distribusi momen di bagian atas dan bawah kolom yang didesain

Karena kolom dilantai atas dan lantai bawah mempunyai kekakuan yang sama, maka nilai  $DF_{top} = DF_{btm} = 0,5$ .

$M_{pr-top}$  dan  $M_{pr-btm}$  adalah penjumlahan  $M_{pr}$  untuk masing-masing balok di lantai atas dan lantai bawah muka kolom.

#### 2.4.2.4 Panjang Penyaluran Kolom

- Sambungan Batang Tulangan Ulir dalam Kondisi Tekan  
Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.16.1, panjang sambungan lewatan tekan harus sebesar:

- a. Untuk  $f_y \leq 420$  MPa

$$l_d = 0,071 f_y d_b \quad (2.68)$$

- b. Untuk  $f_y > 420$  MPa

$$l_d = (0,13 f_y - 24) d_b \quad (2.69)$$

Namun panjang sambungan lewatan tidak boleh kurang dari 300 mm. Untuk  $f_c'$  kurang dari 21 MPa, panjang lewatan harus ditambah sepertiganya.

- Panjang Penyaluran Tulangan Kolom

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2.3, panjang penyaluran batang tulangan ulir atau kawat ulir,  $l_d$  harus sebesar :

$$ld = \left( \frac{f_y}{1,1\lambda\sqrt{f_c'}} \frac{\psi_t\psi_e\psi_s}{\left( \frac{c_b + K_{tr}}{db} \right)} \right) db \quad (2.70)$$

dimana ruas pengekanan  $(c_b + K_{tr})/db$  tidak boleh diambil lebih besar dari 2,5. Diizinkan untuk menggunakan  $K_{tr} = 0$  sebagai penyederhanaan desain meskipun terdapat tulangan transversal.

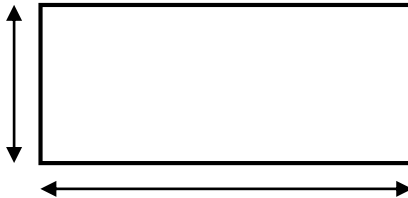
## 2.5 Perencanaan Struktur Sekunder

### 2.5.1 Perencanaan Pelat

Pelat merupakan elemen struktur yang bekerja menerima beban mati dan beban hidup secara langsung. Pelat dibedakan menjadi dua, yaitu pelat satu arah dan pelat dua arah.

#### 2.5.1.1 Perencanaan Tebal Pelat

##### a. Pelat satu arah



- Pelat satu arah apabila  $\frac{\text{bentang panjang}}{\text{bentang pendek}} > 2$
- Pelat satu arah disebut konstruksi satu arah non prategang dan diatur pada SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.2.
- Tebal pelat satu arah yang menerima lendutan telah diatur pada SNI 03-2847-2013 tabel 9.5(a).

**Tabel 2. 19** Tebal Minimum Balok Non-Prategang atau Pelat Satu Arah bila Lendutan Tidak Dihitung

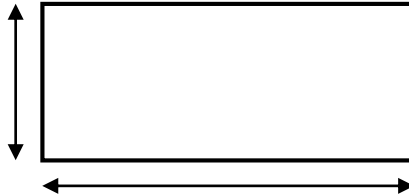
	Tebal minimum h			
Komponen Struktur	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu arah	$\ell/20$	$\ell/24$	$\ell/28$	$\ell/10$
Balok atau pelat rusuk satu arah	$\ell/16$	$\ell/18,5$	$\ell/21$	$\ell/8$
<p><u>Catatan:</u>            Panjang bentang dalam mm            Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulangan Mutu 420 Mpa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasi sebagai berikut:</p> <p>(a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (<i>equilibrium density</i>), <math>w_c</math>, diantara 1440 sampai 1840 <math>\text{kg/m}^3</math>, nilai tadi harus dikalikan dengan <math>(1,65 - 0,0003w_c)</math> tetapi tidak kurang dari 1,09.</p> <p>(b) Untuk <math>f_y</math> selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan <math>(0,4 + f_y/700)</math>.</p>				

Sumber : SNI 03-2847-2013 Tabel 9.5(a)

- Bila lendutan dihitung, maka lendutan yang terjadi seketika sesudah bekerjanya beban harus dihitung dengan metoda atau formula standar untuk lendutan

elastis, dengan memperhitungkan pengaruh retak dan tulangan terhadap kekakuan komponen struktur. Sesuai SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.2.2.

b. Pelat dua arah



- Pelat satu arah apabila  $\frac{\text{bentang panjang}}{\text{bentang pendek}} < 2$
- Pelat dua arah disebut konstruksi dua arah non prategang dan diatur pada SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.3.
- Untuk pelat tanpa balok interior yang membentang diantara dua tumpuan, tebal minimumnya harus memenuhi ketentuan tabel 9.5(c) dan tidak boleh kurang dari:
  - a) Tanpa panel drop yaitu 125 mm (SNI 2847-2013 pasal 13.5)
  - b) Dengan panel drop yaitu 100 mm (SNI 2847-2013 pasal 13.5)

**Tabel 2. 20** Tebal Minimum Pelat tanpa Balok Interior\*

Tegangan leleh, $f_y$ MPa	Tanpa penebalan			Dengan penebalan		
	Panel eksterior		Panel Interior	Panel eksterior		Panel Interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir	
280	$\ell_n/33$	$\ell_n/36$	$\ell_n/36$	$\ell_n/36$	$\ell_n/40$	$\ell_n/40$
420	$\ell_n/30$	$\ell_n/33$	$\ell_n/33$	$\ell_n/33$	$\ell_n/36$	$\ell_n/36$

520	$\ell_n/28$	$\ell_n/31$	$\ell_n/31$	$\ell_n/31$	$\ell_n/34$	$\ell_n/34$
<p>Untuk konstruksi dua arah, <math>\ell_n</math> adalah panjang bentang bersih dalam arah panjang, diukur muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka balok atau tumpuan lainnay pada kasus yang lain.</p> <p>*Panel drop didefinisikan dalam 13.2.5</p> <p>*Pelat dengan balok diantara kolom kolomnya sepanjang tepi eksterior, Nilai <math>\alpha_f</math> untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8.</p>						

Sumber: SNI 03-2847-2013 Tabel 9.5(c)

- Menentukan lebar efektif sayap

a) Untuk Balok L sesuai SNI 03-2847-2013 Pasal 13.2.4:

$$hb \leq 4 hf \quad (2.71)$$

b) Untuk Balok T sesuai SNI 03-2847-2013 Pasal 13.2.4:

$$bw + 2hb \leq bw + 8hf \quad (2.72)$$

- Faktor modifikasi sesuai Desain Beton Bertulang CHU-KIA WANG G. SALMON 16.4.2.b

$$K = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h}\right) \times \left[ 4 - 6\left(\frac{h_f}{h}\right) + 4\left(\frac{h_f}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h}\right)} \quad (2.73)$$

- Untuk pelat dengan balok yang membentang di antara tumpuan pada semua sisinya, tebal minimumnya,  $h$ , harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

a) Untuk  $\alpha_{fm} \leq 0,2$  harus menggunakan SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.3.2 atau sesuai tabel 9.5(c).

b) Untuk  $0,2 \leq \alpha_{fm} \leq 2,0$ , ketebalan pelat harus tidak

$$\text{boleh kurang dari: } h = \frac{\ell_n \left( 0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)} \quad (2.74)$$

dan tidak boleh kurang dari 125 mm.

c) Untuk  $\alpha_{fm} > 2,0$ , ketebalan pelat tidak boleh kurang dari:

$$h = \frac{\ell n\left(0,8 + \frac{fy}{1400}\right)}{36 + 9\beta} \quad (2.75)$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

- d) Pada tepi yang tidak menerus, balok tepi harus mempunyai rasio kekuatan  $a_f$  tidak kurang dari 0,8 atau sebagai alternatif ketebalan minimum yang ditentukan dua persamaan di atas harus dinaikan paling tidak 10 persen pada panel dengan tepi yang tidak menerus.

- Pelat dengan tebal kurang dari tebal minimum yang telah ditetapkan boleh digunakan bila dapat ditunjukkan dengan perhitungan bahwa lendutan yang terjadi tidak melebihi batas lendutan yang ditetapkan SNI 03-2847-2013 tabel 9.5(b).

#### 2.5.1.2 Penulangan pelat

- a. Dalam merencanakan penulangan pada pelat dimulai dengan perencanaan mutu beton pelat, tegangan leleh baja tulangan dan tebal pelat. Perhitungan pembebanan pelat berupa beban mati dan beban hidup yang membebani pelat.
- b. Penentuan kategori pembagian apakah pelat termasuk pelat satu arah atau dua arah berdasarkan bentang panjang dan bentang pendek.
- c. Perhitungan Momen

##### - Pelat Satu Arah

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 8.3.3, sebagai alternatif untuk analisis rangka, momen dan geser pendekatan berikut diizinkan untuk perancangan balok dan pelat satu arah menerus, dengan syarat:

1. Terdapat dua bentang atau lebih
2. Bentang-bentangnya mendekati sama, dengan bentang yang lebih besar dari yang bentang lebih pendek dengan lebih dari 20 persen.
3. Beban terdistribusi merata.



4. Beban hidup tak terfaktor,  $L$ , tidak melebihi tiga kali beban mati tak terfaktor,  $D$ ,
  5. Komponen struktur adalah prismatis
- Untuk menghitung momen negatif,  $l_n$ , diambil rata-rata panjang bentang bersih yang bersebelahan.  
Momen dapat dihitung dengan cara:

<b>Momen positif</b>	
<b>Bentang ujung</b>	
Ujung tak menerus tak terkekang .....	$w_u \ell_n^2 / 11$
Ujung tak menerus menyatu dengan tumpuan .....	$w_u \ell_n^2 / 14$
Bentang interior .....	$w_u \ell_n^2 / 16$
<b>Momen negatif pada muka eksterior tumpuan interior pertama</b>	
Dua bentang .....	$w_u \ell_n^2 / 9$
Lebih dari dua bentang .....	$w_u \ell_n^2 / 10$
Momen negatif pada muka lainnya tumpuan interior .....	$w_u \ell_n^2 / 11$
<b>Momen negatif pada muka dari semua tumpuan untuk</b>	
Slab dengan bentang tidak melebihi 3 m; dan balok dimana rasio jumlah kekakuan kolom terhadap kekakuan balok melebihi 8 pada masing-masing ujung bentang .....	
	$w_u \ell_n^2 / 12$
<b>Momen negatif pada muka interior dari tumpuan eksterior untuk komponen struktur yang dibangun menyatu dengan tumpuan</b>	
Dimana tumpuan adalah balok tepi ( <i>spandrel</i> ) .....	$w_u \ell_n^2 / 24$
Dimana tumpuan adalah kolom .....	$w_u \ell_n^2 / 16$
<b>Geser pada komponen struktur ujung pada muka dari pendukung interior pertama .....</b>	
	$1,15 w_u \ell_n / 2$
<b>Geser pada muka dari semua tumpuan lainnya .....</b>	
	$w_u \ell_n / 2$

Sumber : SNI 03-2847-2013 Pasal 8.3.3

#### - Pelat Dua Arah

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 13.6 perhitungan pelat dua arah dengan cara metoda desain langsung, terdapat syarat-syarat yang harus dipenuhi:

1. Harus terdapat tiga bentang minimum dalam masing-masing arah.
2. Panel harus berbentuk persegi, dengan rasio antara bentang yang lebih panjang terhadap bentang yang lebih pendek pusat ke pusat tumpuan dalam panel tidak lebih besar dari 2.
3. Pergeseran kolom dengan maksimum sebesar 10 persen dari bentangnya.

4. Semua beban merupakan akibat beban gravitasi saja.
5. Untuk panel dengan balok diantara tumpuan pada semua sisinya, harus memenuhi untuk balok dalam dua arah tegak lurus:

$$0,2 \leq \frac{\alpha_{f1} l_2^2}{\alpha_{f2} l_1^2} \leq 50 \quad (2.76)$$

dimana  $\alpha_{f1}$  dan  $\alpha_{f2}$  dihitung sesuai dengan persamaan:

$$\alpha_f = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cs} I_s} \quad (2.77)$$

Jumlah mutlak momen terfaktor positif dan negatif rata-rata dalam setiap arah tidak boleh kurang dari:

$$M_o = \frac{q_u \ell_2 \ell_n^2}{8} \quad (2.78)$$

Momen statis terfaktor total,  $M_o$ , harus didistribusikan:

**Tabel 2. 21** Distribusi Momen Statis Terfaktor

	Tepi eksterior tak terkekang	Slab dengan balok diantara semua tumpuan	Slab tanpa balok diantara tumpuan interiuro		Tepi eksterior terkekang penuh
			Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi	
Momen terfaktor negatif interior	0,75	0,70	0,70	0,70	0,65
Momen terfaktor positif	0,63	0,57	0,52	0,50	0,35
Momen terfaktor	0	0,16	0,26	0,30	0,65

negatif eksterior					
----------------------	--	--	--	--	--

Sumber: SNI 03-2847-2013 Pasal 13.6.3.3

Lajur kolom harus diproporsikan untuk menahan bagian berikut dalam persen momen terfaktor negatif interior:

**Tabel 2. 22** Distribusi Momen Terfaktor Negatif Interior

$l_2/l_1$	0,5	1,0	2,0
$(\alpha l_2/l_1) = 0$	75	75	75
$(\alpha l_2/l_1) \geq 0$	90	75	45

Sumber: SNI 03-2847-2013 Pasal 13.6.4.1

Lajur kolom harus diproporsikan untuk menahan bagian berikut dalam persen momen terfaktor negatif eksterior:

**Tabel 2. 23** Distribusi Momen Terfaktor Negatif Eksterior

$l_2/l_1$		0,5	1,0	2,0
$(\alpha l_2/l_1) = 0$	$\beta_t = 0$	100	100	100
	$\beta_t \geq 2,5$	75	75	75
$(\alpha l_2/l_1) \geq 0$	$\beta_t = 0$	100	100	100
	$\beta_t \geq 2,5$	90	90	45

Sumber: SNI 03-2847-2013 Pasal 13.6.4.1

dimana  $\beta_t$  dan C dapat dihitung dengan persamaan:

$$\beta_t = \frac{E_{cb} C}{2 E_{cs} I_s} \quad (2.79)$$

$$C = \sum \left( 1 - 0,63 \frac{x}{y} \right) \frac{x^3 y}{3} \quad (2.80)$$

Lajur kolom harus diproporsikan untuk menahan bagian berikut dalam persen momen terfaktor positif:

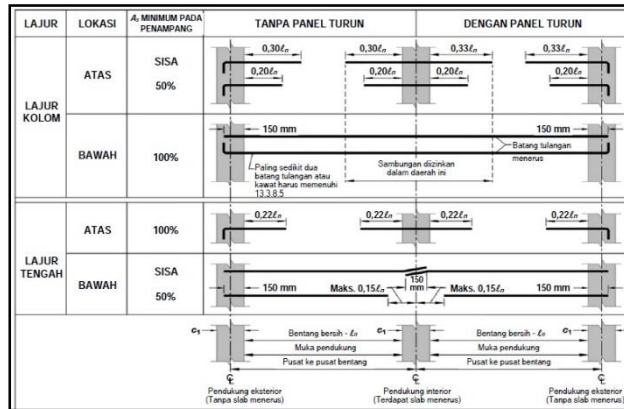
**Tabel 2. 24** Distribusi Momen Terfaktor Positif

$l_2/l_1$	0,5	1,0	2,0
$(\alpha l_2/l_1) = 0$	60	60	60
$(\alpha l_2/l_1) \geq 0$	90	75	45

Sumber: SNI 03-2847-2013 Pasal 13.6.4.4

- d. Periksa rasio penulangan pelat sesuai dengan rumus  $p_{min} < p < p_{max}$  untuk mengetahui luasan tulangan pelat yang diperlukan.
- e. Luas tulangan pelat dalam masing-masing arah untuk pelat dua arah harus ditentukan dari momen-momen penampang kritis, tetapi paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto tidak kurang dari 0,0014.
- f. Spasi tulangan pada penampang kritis tidak boleh melebihi dua kali tebal pelat.
- g. Periksa tulangan susut dan suhu sesuai SNI 2847-2013 pasal 7.12 :
  - Tulangan untuk tegangan susut dan suhu tegak lurus terhadap tulangan lentur harus disediakan dalam pelat struktural dimana tulangan lentur menerus dalam satu arah saja.
  - Luasan tulangan susut dan suhu harus menyediakan paling sedikit memiliki rasio tulangan terhadap luasan bruto penampang beton sebagai berikut:
    - a. Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 280 atau 350 adalah 0,0020.
    - b. Pelat menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las adalah 0,0018.
    - c. Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 420 MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35 persen adalah  $\frac{0,0018 \times 420}{f_y}$ . (2.81)
  - Tulangan susut dan suhu harus dipasang dengan spasi tidak lebih jauh dari lima kali tebal pelat atau tidak lebih jauh dari 450 mm.

- Tulangan pada pelat balok harus memiliki perpanjangan minimum sebagai berikut, sesuai SNI 2847-2013 gambar 13.3.8:



**Gambar 2. 10** Perpanjangan Minimum untuk Tulangan pada Pelat Tanpa Balok

- h. Penyaluran tulangan momen positif sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 12.11 adalah paling sedikit sepertiga tulangan momen positif pada komponen struktur sederhana dan seperempat tulangan momen positif pada komponen struktur menerus harus diteruskan sepanjang muka komponen struktur yang sama ke dalam tumpuan.
- i. Sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 13.3.3, tulangan momen positif yang tegak lurus terhadap tepi tak menerus harus menerus ke tepi pelat dan mempunyai penanaman, lurus atau kait paling sedikit 150 mm dalam balok tepi, kolom, atau dinding.
- j. Penyaluran tulangan momen negatif sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 12.12.3 adalah paling sedikit sepertiga tulangan tarik total yang dipasang untuk momen negatif pada tumpuan harus mempunyai panjang penanaman melewati titik belok tidak kurang dari:
  - $D$
  - $12d_b$

-  $\ell_n/16$ .

Pilih nilai yang paling besar.

- k. Sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 13.3.4, tulangan momen negatif yang tegak lurus terhadap tepi tak menerus harus dibengkokan, dikait, atau jika diangkur dalam balok tepi, kolom, atau dinding, dan harus disalurkan pada muka tumpuan.

## 2.5.2 Perencanaan Tangga

### 2.5.2.1 Perencanaan Dimensi Tangga

Dalam merencanakan dimensi anak tangga dan bordes, digunakan persyaratan sebagai berikut:

$$60 \text{ cm} \leq (2t + i) \leq 65 \text{ cm} \quad (2.82)$$

Dimana:

$t$  = Tanjakan dengan  $t \leq 25 \text{ cm}$

$i$  = Injakan dengan  $25 \text{ cm} \leq i \leq 40 \text{ cm}$

Dalam perencanaan tangga, sudut maksimal tangga adalah  $40^\circ$ .

### 2.5.2.2 Pembebanan Tangga

#### 1. Beban Mati

- Berat sendiri tangga
- Spesi
- Berat railing
- Keramik

#### 2. Beban Hidup

Berdasarkan SNI 03-1727-2013 Pasal 4.5.4, beban hidup rencana minimum pada tangga tetap dengan anak tangga harus merupakan beban terpusat tinggal sebesar 300 lb (1,33 kN).

### 2.5.2.3 Penulangan Struktur Tangga

Penulangan pada plat anak tangga dan plat bordes menggunakan perhitungan sesuai prinsip perencanaan plat yang telah dibahas di subbab sebelumnya.

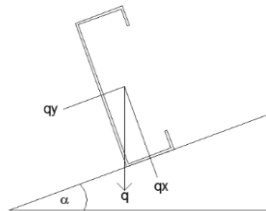
## 2.6 Perencanaan Atap Baja

### 2.6.1 Perencanaan Profil Gording

Direncanakan gording menggunakan profil *Light Lip Channels*.

#### 1. Penguraian Beban Pada Gording

Untuk pembebanan gording diasumsikan sebagai struktur balok menerus, dengan tumpuan pada tiap-tiap rafter, akibat adanya sudut kemiringan pada atap  $\theta^\circ$  maka beban yang bekerja searah gravitasi bumi harus diuraikan terhadap sumbu x (sumbu sejajar/ searah dengan kemiringan atap) dan sumbu y (sumbu tegak lurus dengan kemiringan atap).



**Gambar 2. 11** Penguraian Beban pada Gording

Dimana penguraian bebannya adalah sebagai berikut:

$$q_x = q \cos \alpha \quad (2.83)$$

$$q_y = q \sin \alpha \quad (2.84)$$

$$P_x = P \cos \alpha \quad (2.85)$$

$$P_y = P \sin \alpha \quad (2.86)$$

Yang termasuk pembebanan di atap adalah:

#### a. Beban Mati

- Berat sendiri profil gording.
- Berat penutup atap per meter panjang.
- Berat plafond dan pertisi.
- Berat baut dan alat sambung = 10% (berat gording+penutup atap).

b. Beban Hidup

Berdasarkan SNI 03-1727-2013 pasal 4.1 beban hidup diambil yang terbesar diantara beban pekerja dan beban hujan.

c. Beban Angin

Beban angin yang bekerja pada struktur ini berupa angin hisap dan angin tekan. Dalam desain atap ini yang diperhitungkan hanya angin tekan saja. Sedangkan angin hisap tidak diperhitungkan dalam desain, karena akan memperingan struktur.

d. Beban Air Hujan

Setiap bagian dari suatu atap dirancang mampu menahan beban dari semua air hujan yang terkumpul.

$$R = 5,2 (d_s + d_n) \quad (2.87)$$

Dalam SI:

$$R = 0,0098 (d_s + d_n) \quad (2.88)$$

dimana:

$R$  = beban air hujan pada atap yang tidak melendut, dalam ( $\text{kN/m}^2$ ).

$d_s$  = Kedalaman air pada atap yang tidak melendut, dalam (mm).

$d_n$  = Tambahan kedalaman air pada atap yang tidak melendut, dalam (mm).

2. Kombinasi Momen

- 1,4 D
- 1,2 D + 1,6 L + 0,5 ( $L_r$  atau R)
- 1,2 D + 1,6 ( $L_r$  atau R) + (L atau 0,5W)
- 1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 ( $L_r$  atau R)
- 1,2 D + 1,0 E + L
- 0,9D + 1,0 W
- 0,9D + 1,0E

3. Kontrol Kekuatan

$$\frac{M_{ux}}{\phi b \times M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi b \times \frac{M_{ny}}{2}} \leq 1 \quad (2.89)$$



#### 4. Cek Kelangsingan

Direncanakan gording menggunakan profil LLC, dengan ketentuan penampang sesuai SNI 03-1729-2015 Tabel B4.1a adalah:

Plat Sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{t_f} \quad (2.90)$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (Kompak)} \quad (2.91)$$

$$\lambda_r = 1.0 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (N-Kompak)} \quad (2.92)$$

Plat Badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} \quad (2.93)$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (Kompak)} \quad (2.94)$$

$$\lambda_r = 5.70 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (N-Kompak)} \quad (2.95)$$

Untuk melakukan perencanaan digunakan Tabel Pemilihan sesuai SNI 03-1729-2015 Bab F.

##### a. Pelelehan

$$\begin{aligned} M_n &= M_p \\ &= F_y Z_x \end{aligned} \quad (2.96)$$

dimana:

$F_y$  = Tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari tipe baja yang digunakan, dalam MPa

$Z_x$  = Modulus penampang plastis di sumbu x, dalam mm<sup>3</sup>.

## b. Tekuk Torsi Lateral

Berdasarkan SNI 1729-2015 Pasal F2.2:

- Bila  $L_b \leq L_p$ , keadaan batas dari tekuk torsi lateral tidak boleh digunakan.

- Bila  $L_p \leq L_b \leq L_r$

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,75 F_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \quad (2.97)$$

- Bila  $L_b > L_r$

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p$$

dimana:

$L_b$  = Panjang antara titik-titik, baik yang dibreising melawan perpindahan lateral sayap tekan atau dibreising melawan puntir penampang melintang.

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left( \frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{J_c}{S_x h_o} \left( \frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \quad (2.98)$$

$E$  = Modulus elastisitas baja.

$J$  = Konstanta torsi.

$S_x$  = Modulus penampang elastisitas di sumbu x.

$h_o$  = Jarak antara titik berat sayap.

- Pembatasan panjang  $L_p$  dan  $L_r$  ditentukan sebagai berikut:

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (2.99)$$

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o} + \sqrt{\left( \frac{J_c}{S_x h_o} \right)^2 + 6,76 \left( \frac{0,7 F_y}{E} \right)^2}} \quad (2.100)$$

dimana:

$$r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y C_w}}{S_x} \quad (2.101)$$

dan koefisien c ditentukan sebagai berikut:

Untuk profil I simetris ganda:  $c = 1$

Untuk kanal:  $c = \frac{h_o}{2} \sqrt{\frac{I_y}{C_w}}$  (2.102)

catatan: Untuk profil I simetris ganda dengan sayap persegi

$$C_w = \frac{I_y h_o^2}{4} \quad (2.103)$$

$$r_{ts}^2 = \frac{I_y h_o}{2 S_x} \quad (2.104)$$

$r_{ts}$  boleh diperiksa secara teliti dan konservatif sebagai radius girasi dari sayap tekan ditambah seperenam dari badan:

$$r_{ts} = \frac{b_f}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{1}{6} \frac{h t_w}{b_f t_f} \right)}} \quad (2.105)$$

c. Mencari Koefisien  $C_b$

$$C_b = \frac{12,5 M_{maks}}{2,5 M_{maks} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \quad (2.106)$$

dimana:

$M_{aks}$  = nilai mutlak momen maksimum dalam segmen tanpa dibreising.

$M_A$  = nilai mutlak momen pada titik seperempat dari segmen tanpa dibreising.

$M_B$  = nilai mutlak momen pada sumbu segmen tanpa dibreising.

$M_C$  = nilai mutlak momen pada titi tiga-perempat segmen tanpa dibreising.

5. Kontrol Lendutan

Lendutan ijin :  $f_{ijin} = \frac{1}{240} \times L$  (2.107)

- Arah x

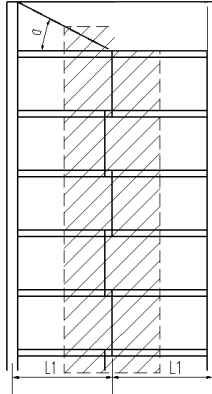
$$\Delta x = \left( \frac{5}{384} \times \frac{q_x \times L_x^4}{E \times I_y} \right) + \left( \frac{1}{48} \times \frac{P_x \times L_x^3}{E \times I_y} \right) \quad (2.108)$$

- Arah y

$$\Delta x = \left( \frac{5}{384} \times \frac{q_y \times L_y^4}{E \times I_x} \right) + \left( \frac{1}{48} \times \frac{P_y \times L_y^3}{E \times I_x} \right) \quad (2.109)$$

$$\Delta = \sqrt{(\Delta x^2 + \Delta y^2)} \leq f_{ijin} \quad (2.110)$$

## 2.6.2 Perencanaan Penggantung Gording



**Gambar 2.12** Perencanaan Penggantung Gording

### 1. Perhitungan Beban

- Beban Mati
- Beban Hidup

### 2. Kombinasi Beban

- 1,4 D
- 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L<sub>r</sub> atau R)
- 1,2 D + 1,6 (L<sub>r</sub> atau R) + (L atau 0,5W)

### 3. Keseimbangan Gaya Vertikal

$$N = n \times qu \text{ (kg)} \quad (2.111)$$

$$T = \frac{N}{\sin \theta} \quad (2.112)$$

$$\theta = \text{Arc tan } \frac{b}{L_1} \quad (2.113)$$

### 4. Kontrol Leleh

$$Ag = \frac{T}{(\phi \times fy)} \quad (2.114)$$

## 5. Kontrol Putus

$$Ag = \frac{T}{(\phi \times fu \times 0,75)} \quad (2.115)$$

$$A = \frac{1}{4} \pi d^2 \quad (2.116)$$

$$A > Ag \text{ min} \quad (2.117)$$

## 6. Kekuatan Tarik

Sesuai SNI 03-1729-2015 Bab D ,kekuatan tarik desain  $\phi_t P_n$  dari komponen struktur tarik, harus nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas dari leleh tarik pada penampang.

## • Untuk Leleh Tarik pada Penampang Bruto

$$P_n = f_y . A_g \quad (2.118)$$

$$\phi_t = 0,9$$

dimana:

$$A_g = \text{Luas netto efektif}$$

$$f_y = \text{tegangan leleh minimum yang disyaratkan}$$

## 7. Kontrol Kemampuan

Sesuai SNI 03-1729-2015 Bab B, kekuatan desain tidak boleh melebihi dari kekuatan perlu. Apabila desain kekuatan berdasarkan Desain Faktor Beban dan Ketahanan (DFBK), maka :

$$R_u \leq \phi R_n$$

dimana:

$$R_u = \text{Kekuatan perlu menggunakan kombinasi beban DFBK.}$$

$$R_n = \text{Kekuatan nominal.}$$

$$\phi = \text{Faktor Ketahanan.}$$

## 2.6.3 Perencanaan Ikatan Angin

$$q = \text{Tekanan angin} = 25 \text{ kg/m}^2$$

$$A = \frac{1}{4} \pi d^2 \quad (2.119)$$

$$P_u = A \times q \times C \quad (2.120)$$

$$C = \text{Koefisien angin} = 0,9$$

## 1. Kontrol Leleh

$$Ag = \frac{P_u}{(\phi \times f_y)} \quad (2.121)$$

## 2. Kontrol Putus

$$Ag = \frac{Pu}{(\phi \times fu \times U)} \quad (2.122)$$

$$A_{pakai} = \frac{1}{4} \pi d^2 \quad (2.123)$$

$$A_{pakai} > Ag_{perlu}$$

## 3. Kontrol Ketahanan Profil

$$Tu = \frac{Pu}{\sin \theta} \quad (2.124)$$

$$Tn = Ag \times fy \quad (2.125)$$

$$\text{Syarat : } Tu < \phi \cdot Tn \quad (2.126)$$


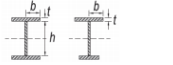


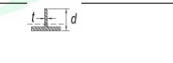
$$\text{Rasio} = \frac{Tu}{\phi \cdot Tn} \quad (2.127)$$

## 2.6.4 Perencanaan Kuda-kuda

Gaya dalam pada kuda-kuda didapat dari hasil analisa SAP 2000. Perhitungan kemampuan kuda-kuda meliputi:

## 1. Cek Kelangsingan Penampang

**Tabel 2. 25** Rasio tebal terhadap lebar elemen tekan struktur menahan lentur

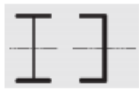



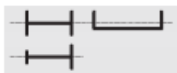
	Kasus	Deskripsi elemen	Rasio Ketebalan-terhadap-Lebar	Batasan Rasio Tebal-Lebar		Contoh
				$\lambda_p$ (kompak)	$\lambda_r$ (nonkompak)	
Elemen tanpa pengaku	10	Sayap dari profil I canai panas, kanal, dan T	$b/t$	$0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,0 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	11	sayap dari profil tersusun bentuk I simetris ganda dan tunggal	$b/t$	$0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0,95 \sqrt{\frac{[a] [b] E}{k_c F_y}}$	
	12	kaki dari siku tunggal	$b/t$	$0,54 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0,91 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	13	sayap dari semua profil I dan kanal dalam lentur pada sumbu lemah	$b/t$	$0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,0 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	14	Badan dari T	$d/t$	$0,84 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,03 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	

Sumber : SNI 1729-2015 Tabel B4.1b

## 2. Menghitung Momen Nominal

$$C_b = \frac{12,5M_{maks}}{2,5M_{maks} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \quad (2.128)$$

**Tabel 2. 26** Pemilihan untuk penggunaan Bab Pasal F

Pasal dalam Bab F	Penampang Melintang	Kelangsingan Sayap	Kelangsingan Badan	Keadaan Batas
F2		C	C	Y, LTB
F3		NC, S	C	LTB, FLB
F4		C, NC, S	C, NC	Y, LTB, FLB, TFY
F5		C, NC, S	S	Y, LTB, FLB, TFY
F6		C, NC, S	N/A	Y, FLB

Y = pelelehan, LTB = tekuk torsi-lateral, FLB = tekuk lokal sayap, WLB = tekuk lokal badan, TFY = pelelehan sayap tarik, LLB = tekuk lokal kaki, LB = tekuk lokal, C = kompak, NC = nonkompak, S = langsing

Sumber : SNI 1729-2015 Tabel F1.1









### 2.6.5 Perencanaan Kolom Baja

Gaya dalam pada kolom diambil dari output SAP 2000. Perencanaan Kolom dijelaskan pada SNI 1729-2015 Bab E, desain komponen struktru untuk tekan. Perhitungan kemampuan kolom meliputi:

1. Kekuatan tekan nominal,  $P_n$ , harus nilai terendah yang diperoleh berdasarkan pada keadaan batas dari tekuk lentur, tekuk torsi dan tekuk torsi-lentur.

Berikut adalah tabel tabel pemilihan penerapan perhitungan sesuai keadaan profil:

**Tabel 2. 27** Tabel Pemilihan untuk Penerapan Profil Bab E

Penampang Melintang	Tanpa Elemen Langsing		Dengan Elemen Langsing	
	Penampang pada Bab E	Keadaan Batas	Penampang pada Bab E	Keadaan Batas
	E3 E4	FB TB	E7	LB FB TB
	E3 E4	FB FTB	E7	LB FB FTB
	E3	FB	E7	LB FB
	E3	FB	E7	LB FB
	E3 E4	FB FTB	E7	LB FB FTB
	E6 E3 E4	FB FTB	E6 E7	LB FB FTB
	E5		E5	
	E3	FB	N/A	N/A
Bentuk tidak smetris selain siku tunggal	E4	FTB	E7	LB FTB

FB = tekuk lentur, TB = tekuk torsi, FTB = tekuk torsi-lentur, LB = tekuk lokal

Sumber : SNI 1729-2015 Tabel E1.1



## 2. Panjang Efektif

Untuk komponen struktur yang dirancang berdasarkan tekan, rasio kelangsingan efektif  $KL/r$ , sebaiknya tidak melebihi 200.

## 3. Tekuk Lentur dan Komponen Struktur Tanpa Elemen Langsing

Berdasarkan SNI 1729-2015 Pasal E.3, kekuatan tekan nominal,  $P_n$ , yang ditentukan berdasarkan keadaan batas tekuk lentur, dapat dihitung dengan cara:

$$P_n = F_{cr} A_g \quad (2.129)$$

Tegangan kritis,  $F_{cr}$ , ditentukan :

a. Bila  $KL/r \leq 4,71$

$$F_{cr} = \left[ 0,658 \frac{f_y}{f_a} \right] \quad (2.130)$$

b. Bila  $KL/r > 4,71$

$$F_{cr} = 0,877 F_e \quad (2.131)$$

dimana nilai  $F_e$ :

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left( \frac{KL}{r} \right)^2} \quad (2.132)$$

## 4. Tekuk Torsi dan tekuk Toris-Lentur dari Komponen Struktur Tanpa Elemen Langsing

Berdasarkan SNI 1729-2015 Pasal E4, nilai kuat tekan nominal dapat dihitung dengan cara:

$$P_n = F_{cr} A_g \quad (2.133)$$

dimana untuk komponen struktur simetris ganda nilai  $F_e$ :

$$F_e = \left[ \frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L)^2} + GJ \right] \frac{1}{I_x + I_y} \quad (2.134)$$

dimana

$$C_w = I_y h_o^2 / 4 \quad (2.135)$$

$G$  = Modulus Elastisitas Geser Baja (77200 MPa)

### 2.6.6 Sambungan

#### 1. Sambungan Baut (SNI 1729: 2015)

- a. Tinjauan terhadap kekuatan tarik dan geser menurut pasal J3.6 SNI 1729-2015

$$R_n = F_n \cdot A_b \quad (2.136)$$

$$\phi = 0,75$$

dimana:

$A_b$  = Luas tubuh baut tidak berulir nominal atau bagian berulir, in<sup>2</sup> (mm<sup>2</sup>)

$F_n$  = Tegangan tarik nominal,  $F_{nt}$ , atau tegangan geser,  $F_{nv}$  dari tabel J3.2, ksi (Mpa)

**Tabel 2. 28** Tegangan Tarik Nominal dan Tegangan Geser

Deskripsi Pengencang	Kekuatan Tarik Nominal, $F_u$ ksi (MPa) <sup>[a]</sup>	Kekuatan Geser Nominal dalam Sambungan Tipe-Tumpu, $F_v$ ksi (MPa) <sup>[b]</sup>
Baut A307	45 (310)	27 (188) <sup>[c]</sup>
Baut group A (misal, A325), bila ulir tidak dikecualikan dari bidang geser	90 (620)	54 (372)
Baut group A (misal, A325), bila ulir tidak termasuk dari bidang geser	90 (620)	68 (457)
Baut A490 atau A490M, bila ulir tidak dikecualikan dari bidang geser	113 (780)	68 (457)
Baut A490 atau A490M, bila ulir tidak termasuk dari bidang geser	113 (780)	84 (579)
Bagian berulir yang memenuhi persyaratan Pasal A3.4, bila ulir tidak dikecualikan dari bidang geser	0,75 $F_u$	0,450 $F_u$
Bagian berulir yang memenuhi persyaratan Pasal A3.4, bila ulir tidak termasuk dari bidang geser	0,75 $F_u$	0,563 $F_u$

<sup>[a]</sup>Untuk baut kekuatan tinggi yang menahan beban fatik tarik, lihat Lampiran 3

<sup>[b]</sup>Untuk ujung sambungan yang dibebani dengan panjang pola pengencang lebih besar dari 38 in. (965 mm),  $F_v$  harus direduksi sampai 83,3 % dari nilai tabulasi. Panjang pola pengencang merupakan jarak maksimum sejajar dengan garis gaya antara sumbu baut-baut yang menyambungkan dua bagian dengan satu permukaan lekatan.

<sup>[c]</sup>Untuk baut A307 nilai yang ditabulasikan harus direduksi sebesar 1 persen untuk setiap 1/16 in. (2 mm) di atas diameter 5 dari panjang pada pegangan/grip tersebut.

<sup>[d]</sup>Ulir diizinkan pada bidang geser.

Sumber : SNI 1729-2015 Tabel J3.2

- b. Tinjauan terhadap kombinasi gaya tarik dan geser menurut pasal J3.7 SNI 1729-2015

$$R_n = F_{nt} A_b \quad (2.137)$$

$$\phi = 0,75$$

dimana:

$F'_{nt}$  = tegangan tarik nominal yang dimodifikasi mencakup efek tegangan geser, ksi (MPa)

$$F'_{nt} = 1,3F'_{nt} - \frac{F_{nt}}{\phi F_{nv}} f_{rv} \leq F_{nt} \text{ (DFBK)}$$

$$F'_{nt} = 1,3F'_{nt} - \frac{\Omega F_{nt}}{F_{nv}} f_{rv} \leq F_{nt} \text{ (DKI)}$$

$F_{nt}$  = tegangan tarik nominal dari Tabel J3.2, ksi (MPa)

$F_{nt}$  = tegangan geser dari Tabel J3.2, ksi (MPa)

$f_{rv}$  = tegangan geser yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DBFK atau DKI, ksi (MPa)

c. Jarak tepi minimum

**Tabel 2. 29** Jarak Tepi Minimum

Diameter Baut (mm)	Jarak Tepi Minimum
16	22
20	26
22	28
24	30
27	34
30	38
36	46
Di atas 36	1,25d

<sup>[a]</sup> Jika diperlukan, jarak tepi terkecil diizinkan asalkan ketentuan yang sesuai Pasal J3.10 dan J4 dipenuhi, tetapi jarak tepi yang kurang dari satu diameter baut tidak diizinkan tanpa persetujuan dari Insinyur yang memiliki izin bekerja sebagai perencana.

<sup>[b]</sup> Untuk ukuran-berlebih atau lubang-lubang slot, lihat Tabel J3.5M.

Sumber : Sni 1729-2015 Tabel J3.4M

d. Jarak maksimum dan jarak tepi

Berdasarkan bab J3 pasal 5 SNI 1729: 2015 jarak maksimum dari pusat setiap baut ke tepi terdekat dari bagian-bagian dalam kontak harus 12 kali ketebalan dari bagian yang disambung akibat perhitungan, tetapi tidak boleh melebihi 6 in (150 mm).

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

## **BAB III METODOLOGI**

### **3.1 Pengumpulan Data**

Data-data yang diperlukan dalam perencanaan adalah:

1. Data – data tanah
2. Gambar
3. Peraturan-peraturan yang dijadikan acuan

### **3.2 Penentuan Sistem Struktur**

Penentuan sistem struktur adalah tahapan untuk menentukan sistem struktur yang akan digunakan dalam merencanakan bangunan gedung. Berikut tahapan menentukan sistem struktur:

1. Menentukan Lokasi Data Tanah.
2. Menghitung nilai  $\bar{N}$  dari data SPT.
3. Menentukan  $S_s$  dan  $S_1$  dari Peta Hazard Peta Gempa Indonesia 2010.
4. Menghitung  $F_a$  dan  $F_v$ .
5. Menghitung  $SM_s$  dan  $SM_1$ .
6. Menghitung  $SD_s$  dan  $SD_1$ .
7. Menentukan Kategori Desain Seismik (KDS)
  - KDS A, B = SRPMB
  - KDS C = SRPMM
  - KDS D,E,F = SRPMK

### **3.3 Perencanaan Dimensi Struktur (*Preliminary Design*)**

*Preliminary Design* adalah tahapan untuk memperkirakan perencanaan dimensi struktur. Struktur yang direncanakan dimensinya adalah struktur utama (balok, kolom, sloop) dan elemen pelengkap (pelat lantai, pelat tangga, serta atap baja).

### **3.4 Perhitungan Beban**

Perhitungan beban-beban yang bekerja pada bangunan disesuaikan dengan peraturan pembebanan yang berlaku. Berikut ini adalah analisis pembebanan:

1. Beban pada pelat lantai
2. Pelat lantai dibebani oleh beban mati dan beban hidup.  
Yang termasuk beban mati pelat adalah berat sendiri pelat,

beban keramik, beban spesi, beban. Beban pada pelat tangga dan pelat bordes. Pelat tangga dan pelat bordes dibebani oleh beban mati dan beban hidup. Yang termasuk beban mati pada pelat tangga adalah berat sendiri pelat tangga, beban keramik, beban spesi dan beban anak tangga. Sedangkan untuk beban mati pada pelat bordes adalah berat sendiri pelat bordes, beban keramik, beban spesi.

3. Beban pada balok

Balok dapat dibebani oleh beban mati dan penyaluran beban akibat pelat. Yang termasuk beban mati pada balok adalah berat sendiri balok dan beban dinding. Selain itu adalah beban ekuivalen

4. Beban pada kolom

Kolom dapat dibebani oleh beban angin, beban gempa, dan penyaluran beban akibat balok. Beban angin membebani secara merata pada kolom, sedangkan beban gempa membebani *joint-joint* kolom. Beban gempa yang dimasukkan adalah beban gempa statik ekuivalen. Selain itu kolom mendapat penyaluran beban dari balok menjadi beban aksial kolom.

### 3.5 Permodelan Struktur

Permodelan struktur bertujuan untuk mengetahui gaya-gaya dalam yang terjadi. Permodelan struktur dapat dibuat dengan bantuan program SAP 2000. Permodelan struktur yang telah dibuat dibebani oleh beban-beban yang telah dibahas pada subbab 3.3. Struktur bangunan yang telah dibebani kemudian dibuat kombinasi pembebanannya sesuai peraturan. Berikut adalah kombinasi pembebanan pada gedung dengan struktur beton bertulang sesuai SNI 2847-2013:

- a.  $U = 1,4D$
- b.  $U = 1,2D + 1,6L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$
- c.  $U = 1,2D + 1,6(L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
- d.  $U = 1,2D + 1,0W + L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$
- e.  $U = 1,2D + 1,0E + L$

f.  $U = 0,9D + 1,0W$

g.  $U = 0,9D + 1,0E$

### 3.6 Analisa Struktur

Analisa gaya dalam dilakukan dengan alat bantu program SAP 2000. Gaya-gaya dalam hasil output SAP kemudian dikoreksi dengan perhitungan manual. Struktur bangunan yang dianalisis adalah struktur atas (pelat, kolom, balok, tangga dan atap).

### 3.7 Perencanaan Struktur Atap Baja

Struktur atap direncanakan sesuai peraturan (SNI 1729-2015). Berikut ini adalah perhitungan-perhitungan dalam merencanakan struktur atap baja pada bangunan :

1. Perhitungan beban-beban pada atap, yaitu beban mati, beban hidup, dan beban angin.
2. Perhitungan momen yang terjadi.
3. Kontrol kekuatan dan cek persyaratan.
4. Sketsa gambar.

### 3.8 Perencanaan Penulangan

Komponen struktur didesain penulangannya sesuai peraturan (SNI 2847-2013). Berikut ini adalah perhitungan-perhitungan dalam merencanakan penulangan struktur bangunan :

1. Perhitungan gaya-gaya dalam yang meliputi gaya geser, lentur, torsi dan aksial. Gaya-gaya dalam bisa didapat dari alat bantu program SAP.
2. Perhitungan kebutuhan tulangan.
3. Kontrol kemampuan dan cek persyaratan.
4. Sketsa gambar penulangan.

### 3.9 Cek Persyaratan

- e. Untuk mengecek persyaratan mengacu pada peraturan struktur beton untuk bangunan gedung (SNI 2847-2013).

1. Pelat

Kontrol jarak spasi tulangan (pasal 13.3.2).

Kontrol jarak spasi tulangan susut dan tulangan suhu.

Kontrol perlu tulangan susut dan suhu (pasal 7.12 dan pasal 7.12.2.2).

- Kontrol panjang penyaluran (pasal 13.3.3 dan pasal 13.13.4).
- 2. Balok
  - Kontrol kemampuan  $M_n \text{ pasang} \geq M_n \text{ perlu}$ .
  - Kontrol kapasitas penulangan lentur balok untuk desain SRPMM (pasal 21.3.4.1).
  - Kontrol kapasitas penulangan geser balok untuk desain SRPMM (pasal 21.3.4.2 dan pasal 21.3.4.3).
  - Kontrol kebutuhan tulangan torsi (pasal 11.5.2 sampai 11.5.6).
- 3. Kolom
  - Kontrol kemampuan  $M_n \text{ pasang} \geq M_n \text{ perlu}$ .
  - Kontrol dimensi kolom (pasal 10.10.5 sampai 10.10.6).
  - Kontrol penulangan kolom untuk desain SRPMM (pasal 21.3.5.2).
- f. Untuk mengecek persyaratan mengacu pada peraturan struktur baja untuk bangunan gedung (SNI 1729-2015)
  - 1. Gording
    - Kontrol Kekuatan
    - Kontrol Lentur
    - Kontrol Lendutan
  - 2. Penggantung Gording
    - Kontrol Leleh
    - Kontrol Putus
    - Kontrol Ketahanan Profil
  - 3. Ikatan Angin
    - Kontrol Leleh
    - Kontrol Putus
    - Kontrol Ketahanan Profil
  - 4. Kuda-kuda
    - Kontrol Lentur
    - Kontrol Geser
    - Kontrol Lendutan
  - 5. Sambungan



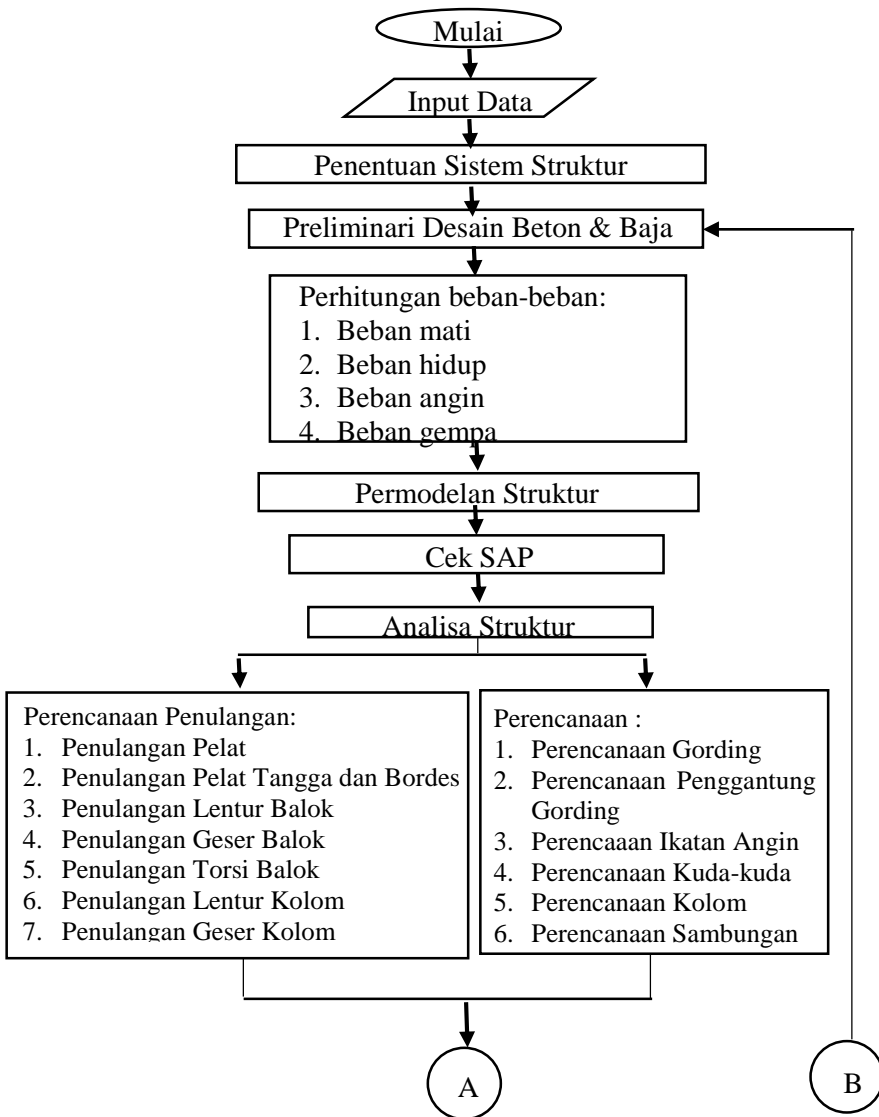
### **3.10 Gambar Rencana**

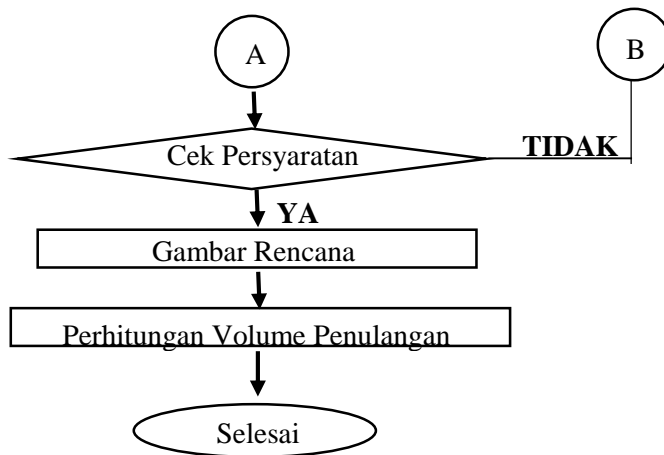
Penggambaran dilakukan setelah semua tahap perencanaan gedung selesai. Berikut ini adalah hasil perhitungan struktur yang akan dituangkan ke dalam gambar teknik :

1. Gambar denah, tampak, dan potongan.
2. Gambar struktur atas (balok, kolom, pelat, tangga dan atap).
3. Gambar detail penulangan struktur bangunan.
4. Gambar detail atap.

### **3.11 Perhitungan Volume Penulangan**

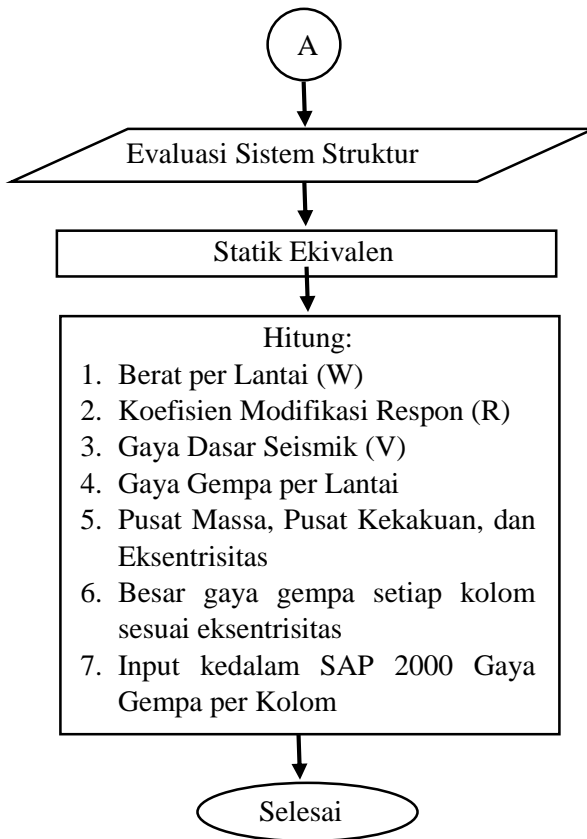
Perhitungan volume tulangan ini dilakukan pada satu portal yang telah ditentukan. Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui jumlah tulangan yang dibutuhkan.

**FLOWCHART PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN**

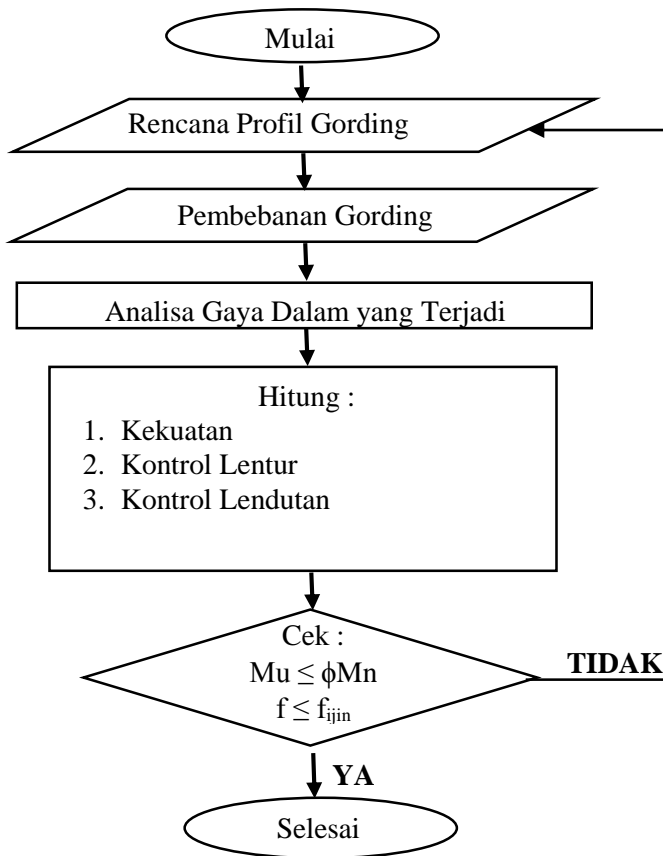


**Gambar 3. 1** Flowchart Perencanaan Struktur Bangunan

**FLOWCHART GEMPA**

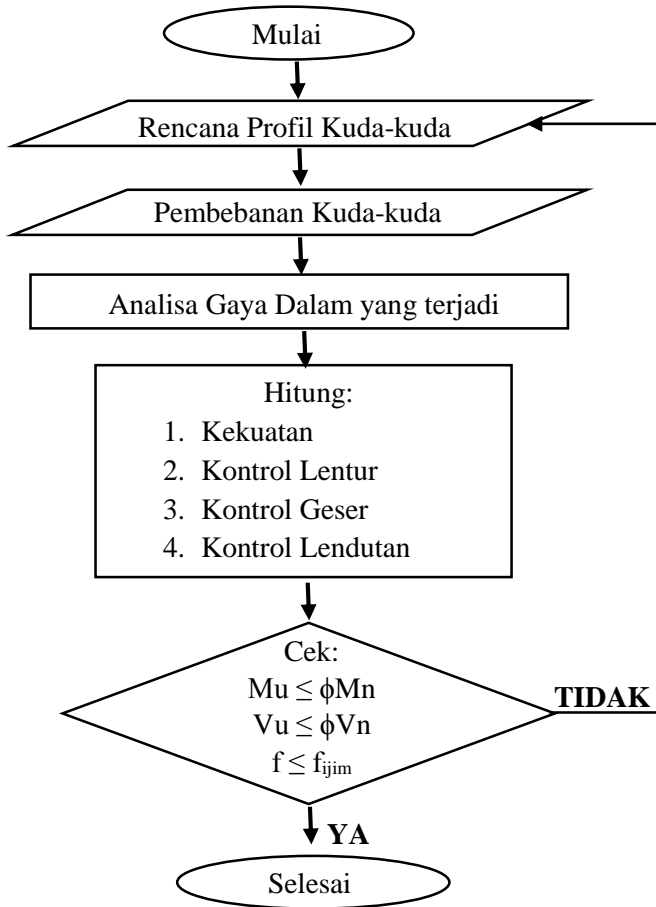


**Gambar 3. 2** Flowchart Gempa

**FLOW CHART PERENCANAAN GORDING**

**Gambar 3. 3** Flowchart Perencanaan Gording

## FLOW CHART PERENCANAAN KUDA-KUDA

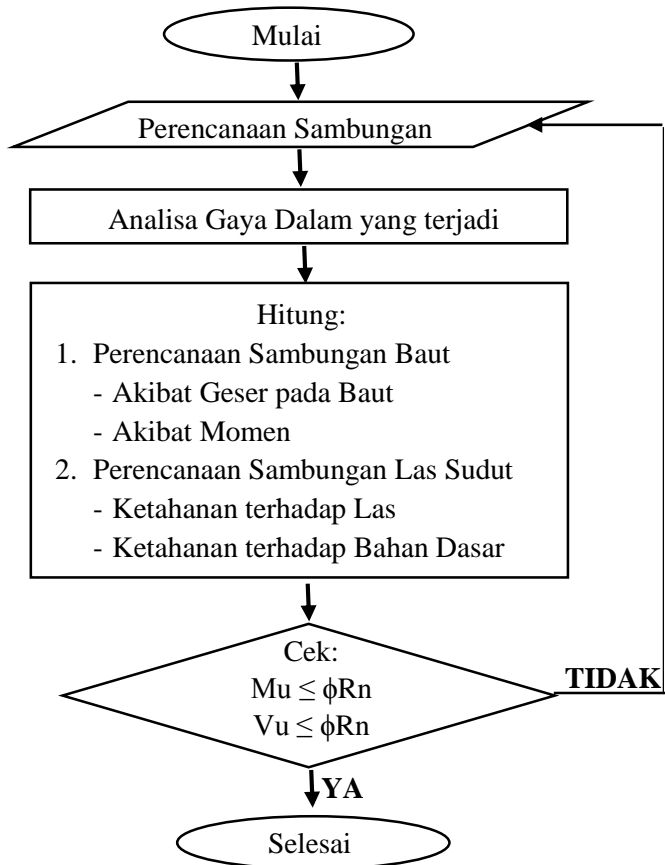


**Gambar 3. 4** Flowchart Perencanaan Kuda-Kuda

**FLOW CHART PERENCANAAN KOLOM BAJA**

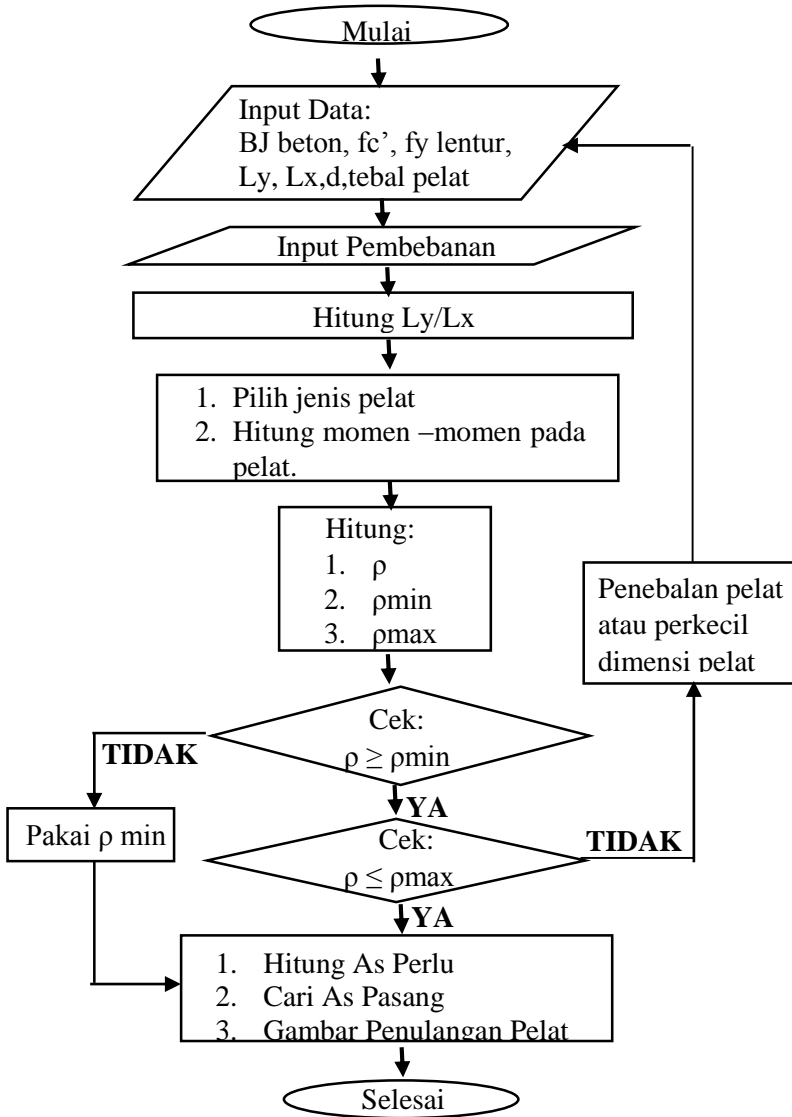
**Gambar 3. 5** Flowchart Perencanaan Kolom Baja



**FLOW CHART PERENCANAAN SAMBUNGAN**

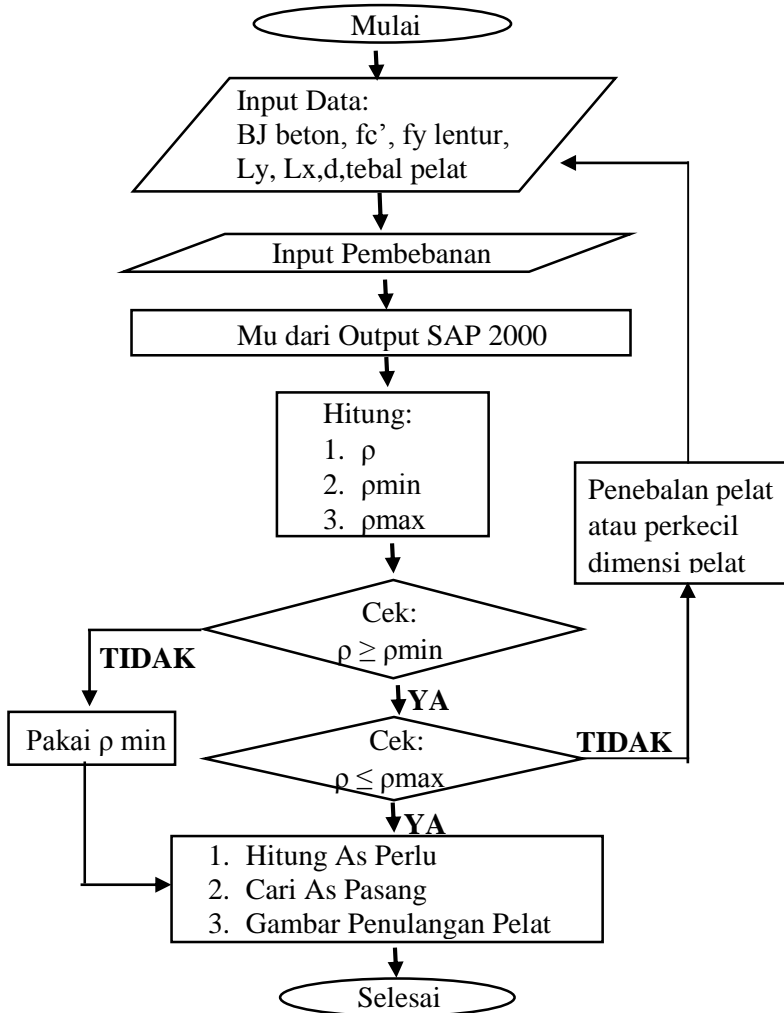
**Gambar 3. 6** Flowchart Perencanaan Sambungan

### FLOW CHART PENULANGAN PELAT



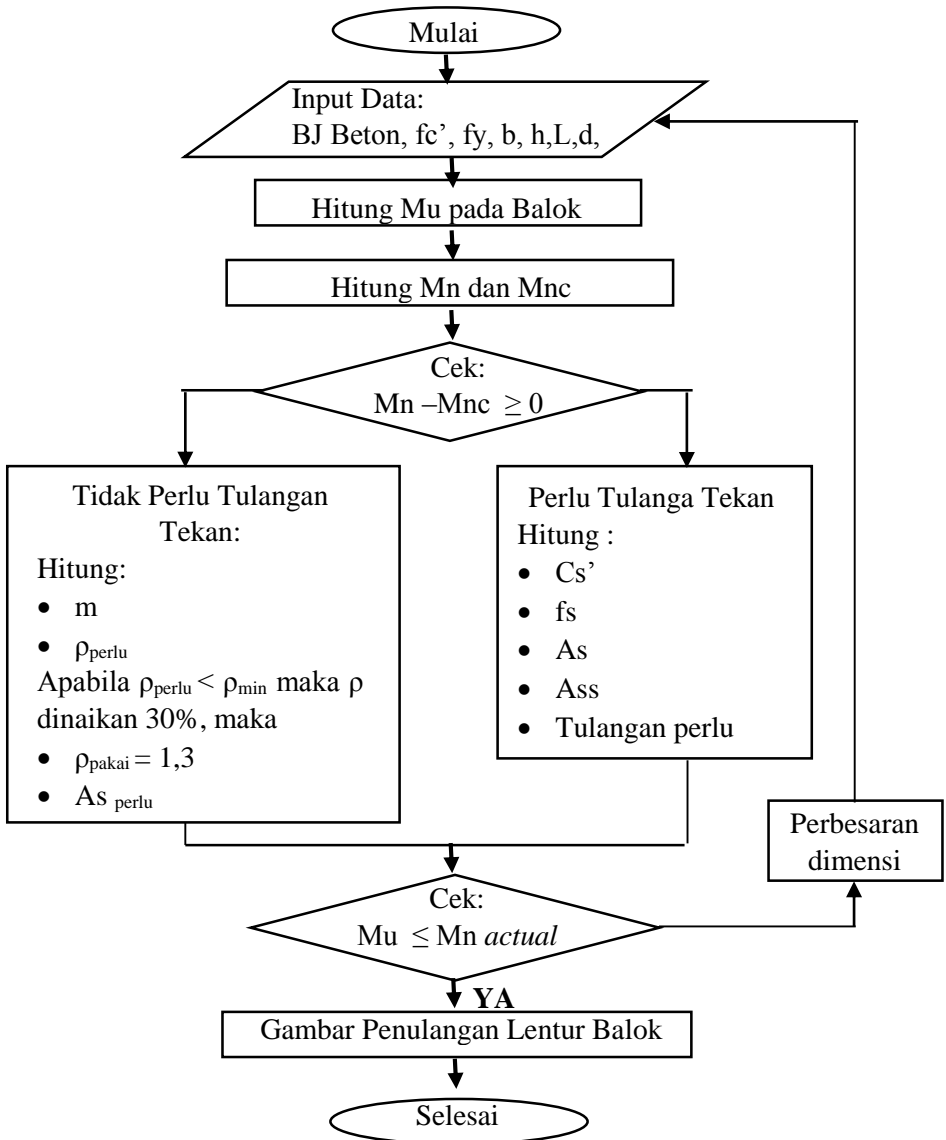
**Gambar 3. 7** Flowchart Penulangan Pelat

## FLOW CHART PENULANGAN PELAT TANGGA DAN BORDES

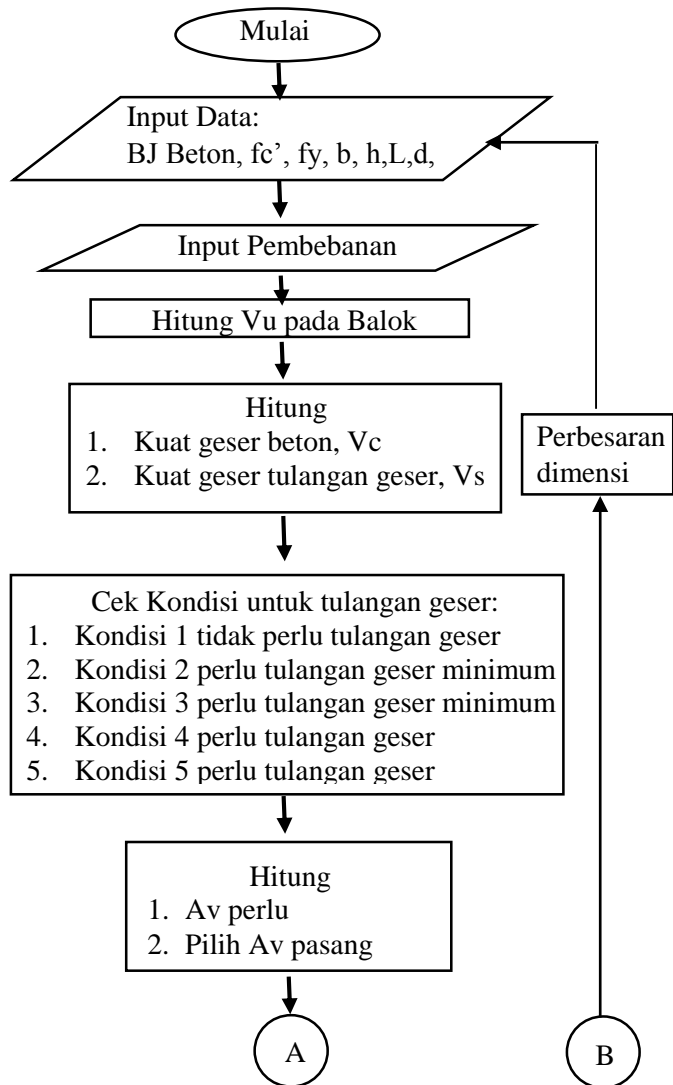


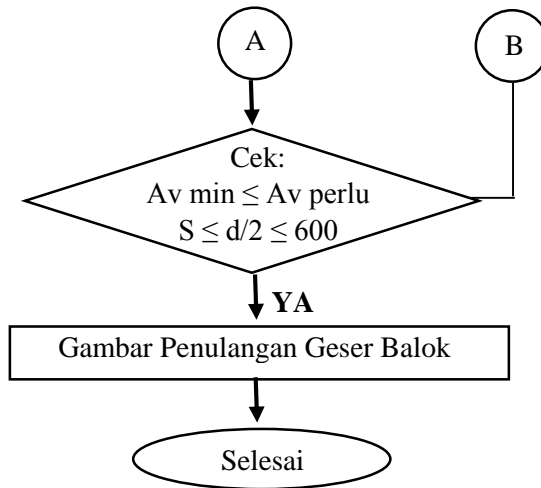
**Gambar 3. 8** Flowchart Penulangan Pelat Tangga dan Bordes

### FLOW CHART PENULANGAN LENTUR BALOK

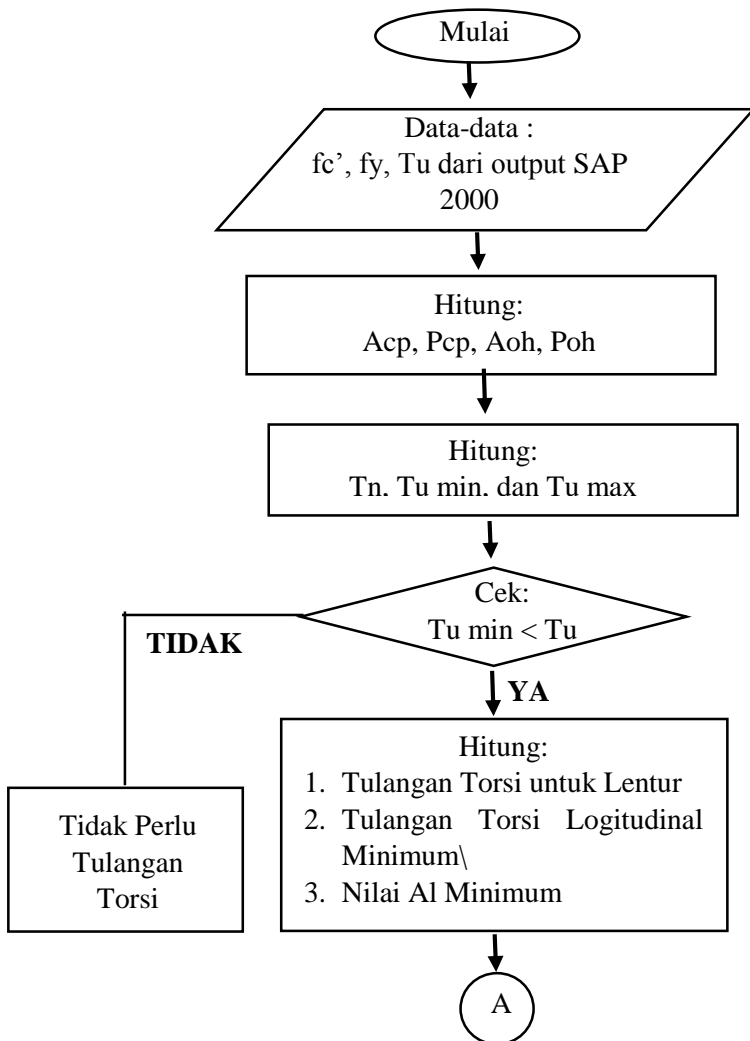


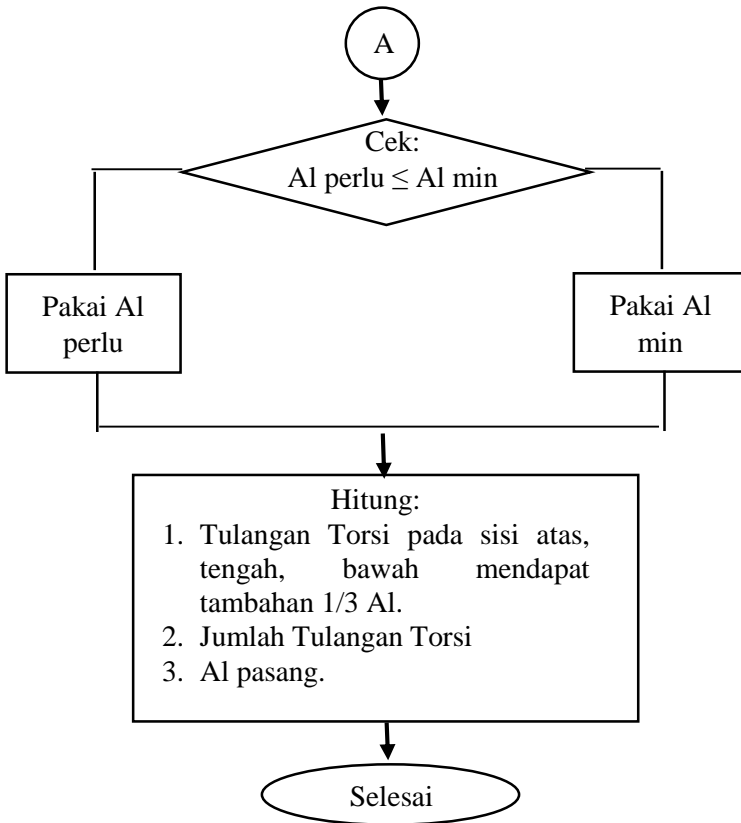
**Gambar 3. 9** Flowchart Penulangan Lentur Balok

**FLOW CHART PENULANGAN GESER BALOK**



**Gambar 3. 10** Flowchart Penulangan Geser Balok

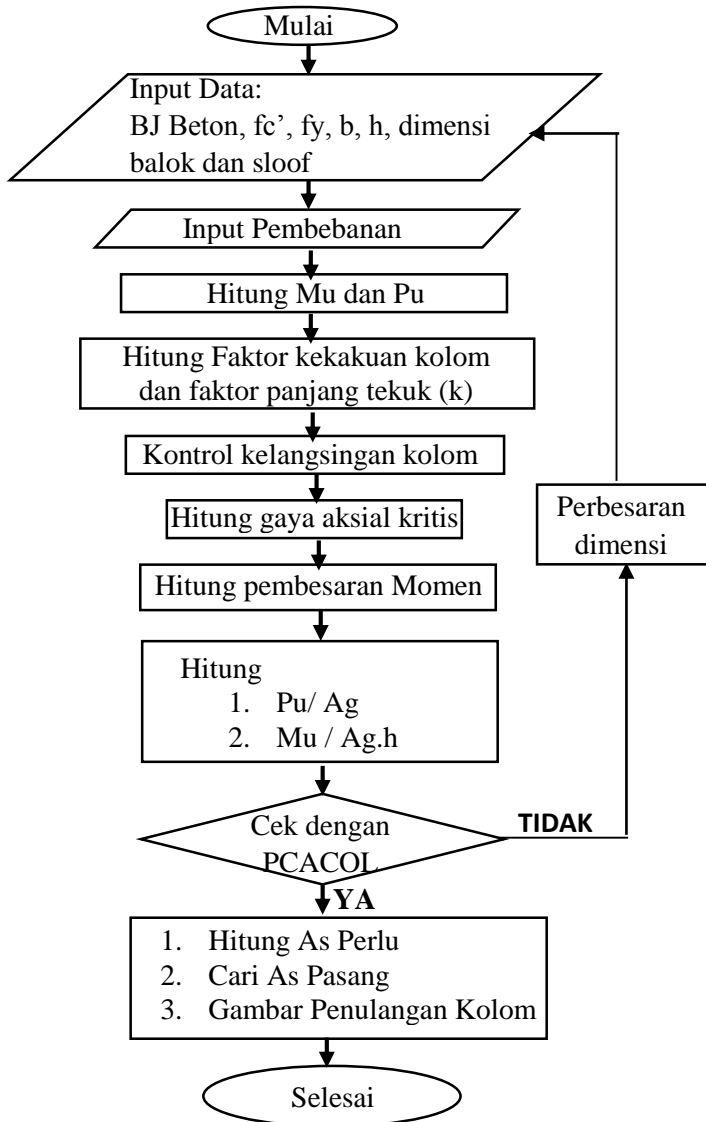
**FLOW CHART PENULANGAN TORSI BALOK**



**Gambar 3. 11** Flowchart Tulangan Torsi Balok

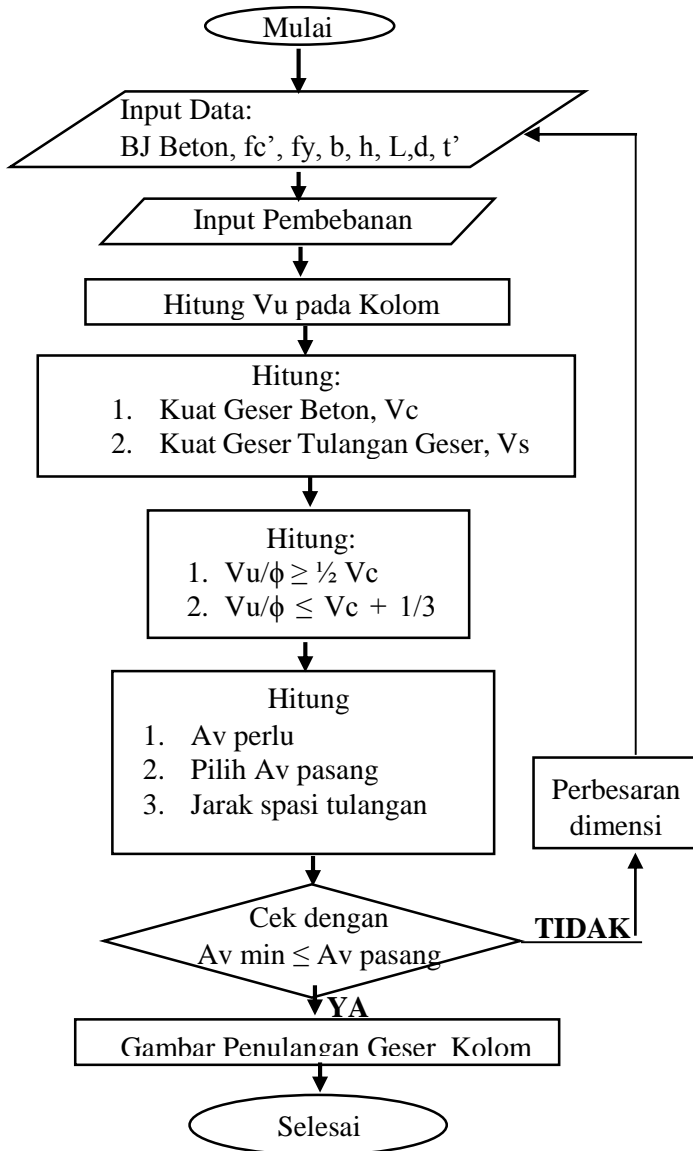


## FLOW CHART PENULANGAN LENTUR KOLOM



**Gambar 3. 12** Flowchart Penulangan Lentur Kolom

### FLOW CHART PENULANGAN GESER KOLOM



**Gambar 3. 13** Flowchart Penulangan Geser Kolom

## BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Perencanaan Dimensi Struktur (*Preliminary Design*)

Dalam merencanakan struktur bangunan, langkah pertama yang dilakukan adalah menentukan dimensi komponen-komponen struktur yang digunakan dalam perencanaan bangunan tersebut.

#### 4.1.1 Perencanaan Dimensi Balok

##### A. Balok Induk

##### ➤ Data Perencanaan

Tipe Balok = B1, B4 dan KS1

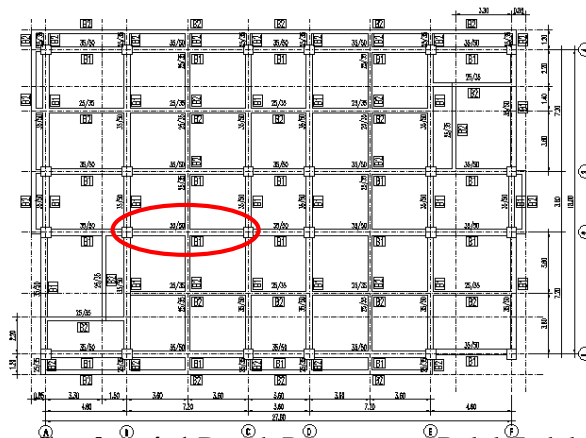
As Balok = As 2-BC

Bentang Balok ( $L_{\text{Balok}}$ ) = 720 cm

Mutu Beton ( $f_c'$ ) = 30 MPa

Kuat Leleh Tulangan Lentur ( $f_y$ ) = 400 MPa

##### ➤ Gambar Denah Perencanaan



**Gambar 4. 1** Denah Perencanaan Balok Induk

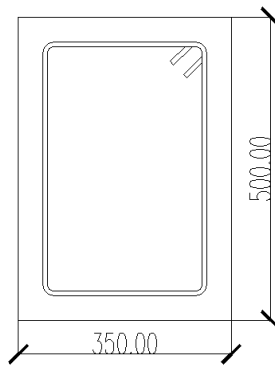
##### ➤ Perhitungan Perencanaan

$$\begin{aligned}
 h &= \frac{L}{16} \left( 0,4 + \frac{f_y}{700} \right) \\
 &= \frac{7200}{16} \left( 0,4 + \frac{400}{700} \right) \\
 &= 437,143 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 43,714 \text{ cm} \\
 &\approx 50 \text{ cm} \\
 b &= \frac{2}{3} \times h \\
 &= \frac{2}{3} \times 50 \text{ cm} \\
 &= 35 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka direncanakan dimensi Balok Induk dengan ukuran 35/50 cm.

➤ Gambar Hasil Perencanaan Dimensi



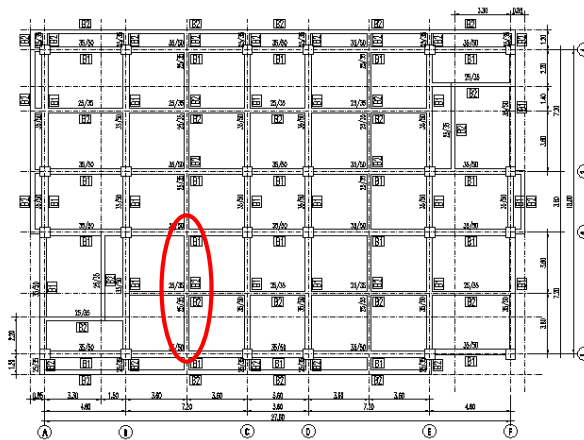
**Gambar 4. 2** Rencana Dimensi Balok B1,B4, dan KS1

#### B. Balok Anak

➤ Data Perencanaan

Tipe Balok	= B2, B3, B5, KS2
As Balok	= As 2-BC
Bentang Balok ( $L_{\text{Balok}}$ )	= 720 cm
Mutu Beton ( $f_c'$ )	= 30 MPa
Kuat Leleh Tulangan Lentur ( $f_y$ )	= 400 MPa

➤ Gambar Denah Perencanaan



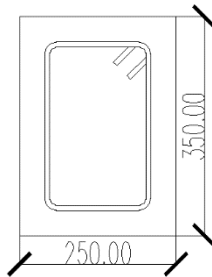
**Gambar 4.3** Denah Perencanaan Balok Anak

➤ Perhitungan Perencanaan

$$\begin{aligned}
 h &= \frac{L}{21} \left( 0,4 + \frac{fy}{700} \right) \\
 &= \frac{7200}{21} \left( 0,4 + \frac{400}{700} \right) \\
 &= 333,016 \text{ mm} \\
 &= 33,306 \text{ cm} \\
 &\approx 35 \text{ cm} \\
 b &= \frac{2}{3} \times h \\
 &= \frac{2}{3} \times 35 \text{ cm} \\
 &= 23,333 \text{ cm} \\
 &\approx 25 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka direncanakan dimensi Balok dengan ukuran 25/35 cm.

➤ Gambar Hasil Perencanaan Dimensi



**Gambar 4. 4** Rencana Dimensi Balok B2, B3, B5, dan KS2

#### 4.1.2 Perencanaan Dimensi Kolom

##### A. Kolom 1

➤ Data-data Perencanaan

Tipe Kolom = K1

Tinggi Kolom ( $H_{\text{Kolom}}$ ) = 520 cm

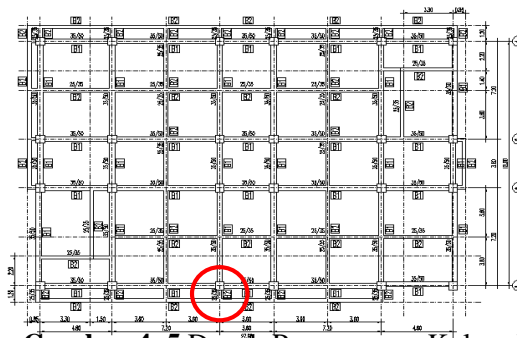
Bentang Balok ( $L_{\text{Balok}}$ ) = 720 cm

Dimensi Balok ( $b_{\text{Balok}}$ ) = 35 cm

Dimesi Balok ( $h_{\text{Balok}}$ ) = 50 cm

$$\begin{aligned} \text{Momen Inersia Balok } (I_{\text{balok}}) &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\ &= \frac{1}{12} \times 35 \times 50^3 \\ &= 354583,333 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

➤ Denah Perencanaan Kolom



**Gambar 4. 5** Denah Perencanaan Kolom K3

➤ Perhitungan Perencanaan

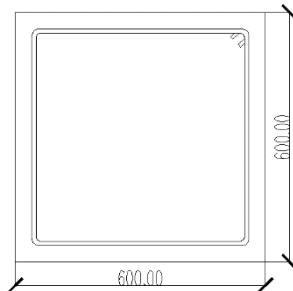
$$\begin{aligned}\frac{I_{kolom}}{L_{kolom}} &\geq \frac{I_{balok}}{L_{balok}} \\ I_{kolom} &= \frac{I_{balok} \times L_{kolom}}{L_{balok}} \\ &= \frac{364583,333 \times 520}{720} \\ &= 263310,185 \text{ cm}^4\end{aligned}$$

Direncanakan dimensi kolom  $b=h$ :

$$\begin{aligned}I_{kolom} &= 263310,185 \text{ cm}^4 \\ \frac{1}{12} \times b \times h^3 &= 263310,185 \text{ cm}^4 \\ \frac{1}{12} \times h^4 &= 263310,185 \text{ cm}^4 \\ h^4 &= 3159722,222 \text{ cm}^4 \\ h &= 42,16 \text{ cm} \\ &\approx 60 \text{ cm}\end{aligned}$$

Maka direncanakan dimensi Kolom dengan ukuran 60/60 cm.

➤ Gambar Hasil Perencanaan Dimensi



**Gambar 4. 6** Rencana Dimensi Kolom K1

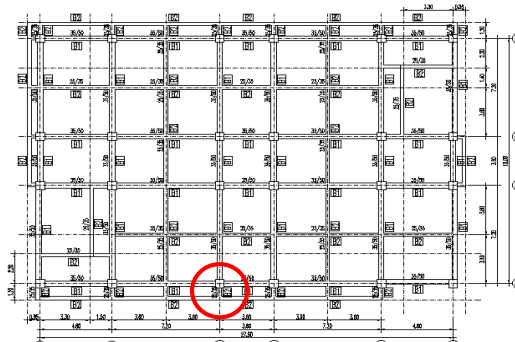
B. Kolom 2

➤ Data-data Perencanaan

Tipe Kolom	= K2
Tinggi Kolom ( $H_{Kolom}$ )	= 420 cm
Bentang Balok ( $L_{Balok}$ )	= 720 cm
Dimensi Balok ( $b_{Balok}$ )	= 35 cm
Dimesi Balok ( $h_{Balok}$ )	= 50 cm

$$\begin{aligned}
 \text{Momen Inersia Balok (I}_{\text{balok}}) &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\
 &= \frac{1}{12} \times 35 \times 50^3 \\
 &= 354583,333 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

➤ Denah Perencanaan Kolom



**Gambar 4. 7** Denah Perencanaan Kolom K2

➤ Perhitungan Perencanaan

$$\begin{aligned}
 \frac{I_{\text{kolom}}}{L_{\text{kolom}}} &\geq \frac{I_{\text{balok}}}{L_{\text{balok}}} \\
 I_{\text{kolom}} &= \frac{I_{\text{balok}} \times L_{\text{kolom}}}{L_{\text{balok}}} \\
 &= \frac{364583,333 \times 420}{720} \\
 &= 212673,611 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

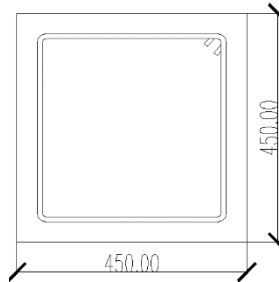
Direncanakan dimensi kolom  $b=h$ :

$$\begin{aligned}
 I_{\text{kolom}} &= 212673,611 \text{ cm}^4 \\
 \frac{1}{12} \times b \times h^3 &= 212673,611 \text{ cm}^4 \\
 \frac{1}{12} \times h^4 &= 212673,611 \text{ cm}^4 \\
 h^4 &= 2552083,333 \text{ cm}^4 \\
 h &= 39,97 \text{ cm} \\
 &\approx 45 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka direncanakan dimensi Kolom dengan ukuran 45/45 cm.



➤ Gambar Hasil Perencanaan Dimensi



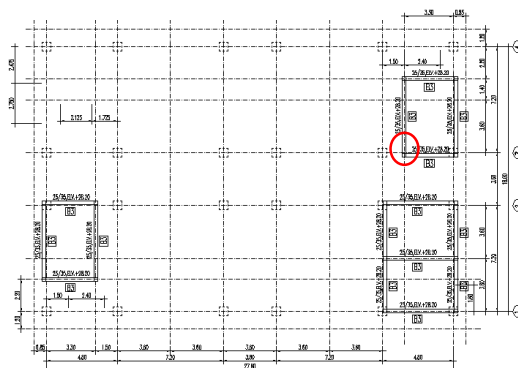
**Gambar 4. 8** Rencana Dimensi Kolom K2

C. Kolom 3

➤ Data-data Perencanaan

Tipe Kolom	= K3
Tinggi Kolom ( $H_{\text{Kolom}}$ )	= 300 cm
Bentang Balok ( $L_{\text{Balok}}$ )	= 720 cm
Dimensi Balok ( $b_{\text{Balok}}$ )	= 25 cm
Dimesi Balok ( $h_{\text{Balok}}$ )	= 35 cm
Momen Inersia Balok ( $I_{\text{balok}}$ )	$= \frac{1}{12} \times b \times h^3$ $= \frac{1}{12} \times 25 \times 35^3$ $= 89322,917 \text{ cm}^4$

➤ Denah Perencanaan Kolom



**Gambar 4. 9** Denah Perencanaan Kolom K3

## ➤ Perhitungan Perencanaan

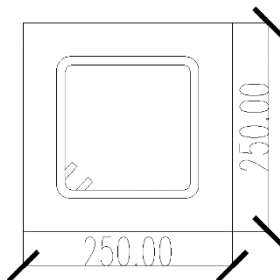
$$\begin{aligned}\frac{I_{kolom}}{L_{kolom}} &\geq \frac{I_{balok}}{L_{balok}} \\ I_{kolom} &= \frac{I_{balok} \times L_{kolom}}{L_{balok}} \\ &= \frac{89322,917 \times 300}{720} \\ &= 37217,882 \text{ cm}^4\end{aligned}$$

Direncanakan dimensi kolom  $b=h$ :

$$\begin{aligned}I_{kolom} &= 37217,882 \text{ cm}^4 \\ \frac{1}{12} \times b \times h^3 &= 37217,882 \text{ cm}^4 \\ \frac{1}{12} \times h^4 &= 37217,882 \text{ cm}^4 \\ h^4 &= 446614,583 \text{ cm}^4 \\ h &= 25,85 \text{ cm} \\ &\approx 25 \text{ cm}\end{aligned}$$

Maka direncanakan dimensi Kolom dengan ukuran 25/25 cm.

## ➤ Gambar Hasil Perencanaan Dimensi



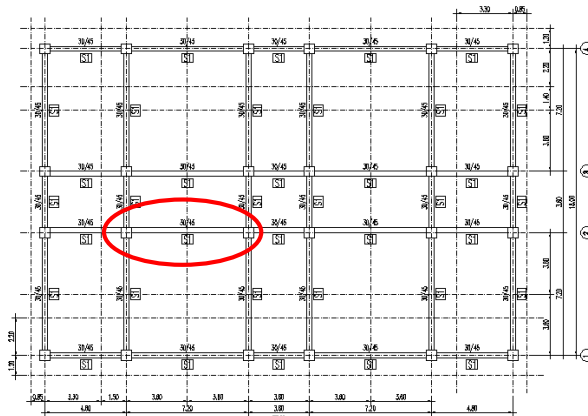
**Gambar 4. 10** Rencana Dimensi Kolom K3

## 4.1.3 Perencanaan Dimensi Sloof

## ➤ Data Perencanaan

Tipe Balok	= S1
As Balok	= As 2-BC
Bentang Balok ( $L_{Balok}$ )	= 720 cm
Mutu Beton ( $f_c'$ )	= 30 MPa
Kuat Leleh Tulangan Lentur ( $f_y$ )	= 400 MPa

➤ Gambar Denah Perencanaan



**Gambar 4. 11** Denah Perencanaan Sloof

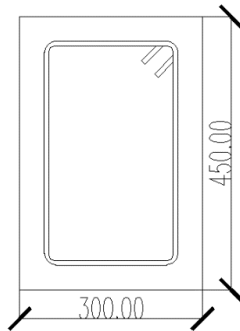
➤ Perhitungan Perencanaan

$$\begin{aligned}
 h &= \frac{L}{16} \left( 0,4 + \frac{fy}{700} \right) \\
 &= \frac{7200}{16} \left( 0,4 + \frac{400}{700} \right) \\
 &= 430,714 \text{ mm} \\
 &= 43,071 \text{ cm} \\
 &\approx 45 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b &= \frac{2}{3} \times h \\
 &= \frac{2}{3} \times 45 \text{ cm} \\
 &= 30 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka direncanakan dimensi Balok Induk dengan ukuran 30/45 cm.

➤ Gambar Hasil Perencanaan Dimensi



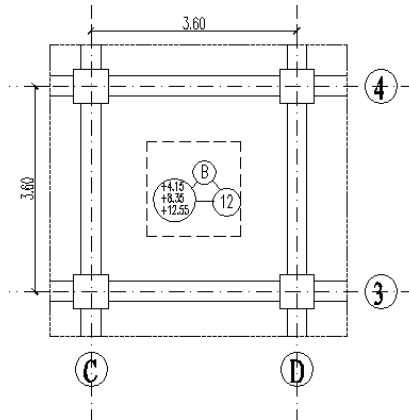
**Gambar 4. 12** Rencana Dimensi Sloof

4.1.4 Perencanaan Dimensi Pelat

➤ Data Perencanaan:

Pelat yang ditinjau

= Pelat As C-D/3-4



**Gambar 4. 13** Denah Perencanaan Pelat

Dimensi Balok Induk (B1)	= 35/50
Dimensi Balok Anak (B2)	= 25/35
Dimensi Kolom	= 60/60
Bentang Sumbu Panjang (Ly)	= 360 cm

Bentang Sumbu Pendek ( $L_x$ )	= 360 cm
Rencana Tebal Pelat	= 12 cm
$f_c'$	= 30 MPa
$f_y$	= 400 MPa

➤ Perhitungan Perencanaan

- Bentang bersih sumbu panjang ( $L_n$ ) :

$$L_n = L_y - \frac{bw}{2} - \frac{bw}{2}$$

$$L_n = 360 - \frac{60}{2} - \frac{60}{2}$$

$$L_n = 300 \text{ cm}$$

- Bentang bersih sumbu pendek ( $S_n$ ) :

$$S_n = L_x - \frac{bw}{2} - \frac{bw}{2}$$

$$S_n = 360 - \frac{60}{2} - \frac{60}{2}$$

$$S_n = 300 \text{ cm}$$

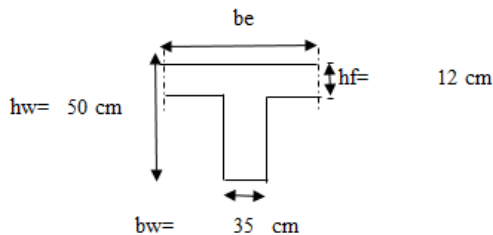
- Rasio antara bentang bersih sumbu panjang dengan bentang bersih sumbu pendek ( $\beta$ ) :

$$\beta = \frac{L_n}{S_n}$$

$$\beta = \frac{300}{300}$$

$$\beta = 1,00 \rightarrow \text{Two way slab (Pelat dua arah)}$$

- Balok As C Join 3-4 (35/50)



**Gambar 4. 14** Balok Penampang T As C Join 3-4

Menentukan lebar efektif balok penampang T:

$$b_e = b_w + 2h_f \leq b_w + 8h_f$$

*Bab 2.5.1 Persamaan 2.72*

$$be = bw + 2 hb = 111 \text{ cm}$$

$$be = bw + 8 hf = 131 \text{ cm}$$

Dipilih be minimal = 111 cm

- Faktor modifikasi beton bertulang :

$$K = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right)x\left(\frac{h_f}{h_w}\right)x\left[4 - 6\left(\frac{h_f}{h_w}\right) + 4\left(\frac{h_f}{h_w}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right)x\left(\frac{h_f}{h_w}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right)x\left(\frac{h_f}{h_w}\right)}$$

*Bab 2.5.1 Persamaan 2.73*

$$K = \frac{1 + \left(\frac{111}{35} - 1\right)x\left(\frac{12}{50}\right)x\left[4 - 6\left(\frac{12}{50}\right) + 4\left(\frac{12}{50}\right)^2 + \left(\frac{111}{35} - 1\right)x\left(\frac{12}{50}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{111}{35} - 1\right)x\left(\frac{12}{50}\right)}$$

$$K = 1,624$$

- Momen Inersia Penampang –T:

$$I_b = K \frac{b_w \cdot h^3}{12}$$

$$I_b = 1,624 \frac{30 \cdot 50^3}{12}$$

$$I_b = 591964,6 \text{ cm}^4$$

- Momen Inersia Lajur Pelat :

$$I_p = \frac{b_p \cdot t^3}{12}$$

$$I_p = \frac{[0,5 \times (360 + 360) \cdot 12^3]}{12}$$

$$I_p = 51840,0 \text{ cm}^4$$

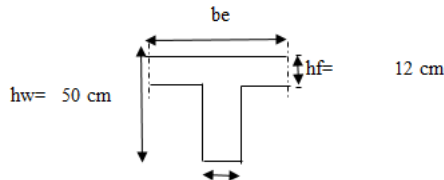
Rasio Kekakuan Balok terhadap Pelat:

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_p}$$

$$\alpha_1 = \frac{591964,6}{51840}$$

$$\alpha_1 = 11,42$$

- Balok As D Join 3-4 (35/50)



**Gambar 4. 15** Balok Penampang T As D Join 3-4

Menentukan lebar efektif balok penampang T:

$$be = bw + 2hb \leq bw + 8hf$$

*Bab 2.5.1 Persamaan 2.72*

$$be = bw + 2 hb = 111 \text{ cm}$$

$$be = bw + 8 hf = 131 \text{ cm}$$

$$\text{Dipilih } be \text{ minimal} = 111 \text{ cm}$$

Faktor modifikasi beton bertulang :

$$K = \frac{1 + \left( \frac{be}{bw} - 1 \right) x \left( \frac{hf}{hw} \right) x \left[ 4 - 6 \left( \frac{hf}{hw} \right) + 4 \left( \frac{hf}{hw} \right)^2 + \left( \frac{be}{bw} - 1 \right) x \left( \frac{hf}{hw} \right)^3 \right]}{1 + \left( \frac{be}{bw} - 1 \right) x \left( \frac{hf}{hw} \right)}$$

*Bab 2.5.1 Persamaan 2.73*

$$K = \frac{1 + \left( \frac{111}{35} - 1 \right) x \left( \frac{12}{50} \right) x \left[ 4 - 6 \left( \frac{12}{50} \right) + 4 \left( \frac{12}{50} \right)^2 + \left( \frac{111}{35} - 1 \right) x \left( \frac{12}{50} \right)^3 \right]}{1 + \left( \frac{111}{35} - 1 \right) x \left( \frac{12}{50} \right)}$$

$$K = 1,624$$

- Momen Inersia Penampang –T:

$$Ib = K \frac{bw \cdot h^3}{12}$$

$$Ib = 1,624 \frac{30 \cdot 50^3}{12}$$

$$Ib = 591964,6 \text{ cm}^4$$

- Momen Inersia Lajur Pelat :

$$I_p = \frac{b_p \cdot t^3}{12}$$

$$I_p = \frac{[0,5 \times (360 + 360) \cdot 12^3]}{12}$$

$$I_p = 51840,0 \text{ cm}^4$$

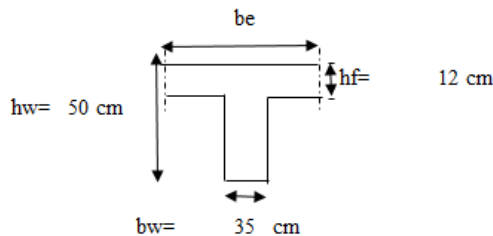
Rasio Kekakuan Balok terhadap Pelat:

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_p}$$

$$\alpha_1 = \frac{591964,6}{51840}$$

$$\alpha_1 = 11,42$$

- Balok As 3 Join C-D (35/50)



**Gambar 4. 16** Balok Penampang T As 3 Join C-D

Menentukan lebar efektif balok penampang T:

$$be = bw + 2hb \leq bw + 8hf$$

*Bab 2.5.1 Persamaan 2.72*

$$be = bw + 2hb = 111 \text{ cm}$$

$$be = bw + 8hf = 131 \text{ cm}$$

$$\text{Dipilih } be \text{ minimal} = 111 \text{ cm}$$

- Faktor modifikasi beton bertulang :

$$K = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h_w}\right) \times \left[4 - 6\left(\frac{h_f}{h_w}\right) + 4\left(\frac{h_f}{h_w}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h_w}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h_w}\right)}$$

*Bab 2.5.1 Persamaan 2.73*



$$K = \frac{1 + \left(\frac{111}{35} - 1\right)x\left(\frac{12}{50}\right)x \left[ 4 - 6\left(\frac{12}{50}\right) + 4\left(\frac{12}{50}\right)^2 + \left(\frac{111}{35} - 1\right)x\left(\frac{12}{50}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{111}{35} - 1\right)x\left(\frac{12}{50}\right)}$$

$$K = 1,624$$

- Momen Inersia Penampang –T:

$$I_b = K \frac{b_w \cdot h^3}{12}$$

$$I_b = 1,624 \frac{30 \cdot 50^3}{12}$$

$$I_b = 591964,6 \text{ cm}^4$$

- Momen Inersia Lajur Pelat :

$$I_p = \frac{b_p \cdot t^3}{12}$$

$$I_p = \frac{[0,5 \times (360 + 360) \cdot 12^3]}{12}$$

$$I_p = 51840,0 \text{ cm}^4$$

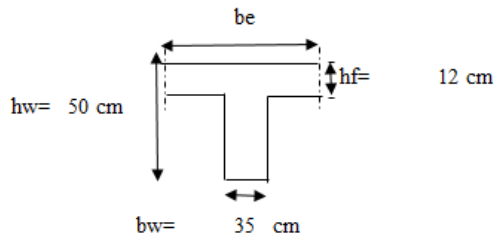
- Rasio Kekakuan Balok terhadap Pelat:

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_p}$$

$$\alpha_1 = \frac{591964,6}{51840}$$

$$\alpha_1 = 11,42$$

- Balok As 4 Join C-D (35/50)



**Gambar 4. 17** Balok Penampang T As 4 Join

Menentukan lebar efektif balok penampang T:

$$b_e = b_w + 2h_b \leq b_w + 8h_f$$

*Bab 2.5.1 Persamaan 2.72*

$$b_e = b_w + 2h_b = 111 \text{ cm}$$

$$b_e = b_w + 8h_f = 131 \text{ cm}$$

$$\text{Dipilih } b_e \text{ minimal} = 111 \text{ cm}$$

- Faktor modifikasi beton bertulang :

$$K = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) x \left(\frac{h_f}{h_w}\right) x \left[ 4 - 6 \left(\frac{h_f}{h_w}\right) + 4 \left(\frac{h_f}{h_w}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) x \left(\frac{h_f}{h_w}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) x \left(\frac{h_f}{h_w}\right)}$$

*Bab 2.5.1 Persamaan 2.73*

$$K = \frac{1 + \left(\frac{111}{35} - 1\right) x \left(\frac{12}{50}\right) x \left[ 4 - 6 \left(\frac{12}{50}\right) + 4 \left(\frac{12}{50}\right)^2 + \left(\frac{111}{35} - 1\right) x \left(\frac{12}{50}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{111}{35} - 1\right) x \left(\frac{12}{50}\right)}$$

$$K = 1,624$$

- Momen Inersia Penampang -T:

$$I_b = K \frac{b_w \cdot h^3}{12}$$

$$I_b = 1,624 \frac{30 \cdot 50^3}{12}$$

$$I_b = 591964,6 \text{ cm}^4$$

- Momen Inersia Lajur Pelat :

$$I_p = \frac{b_p \cdot t^3}{12}$$

$$I_p = \frac{[0,5 \times (360 + 360) \cdot 12^3]}{12}$$

$$I_p = 51840,0 \text{ cm}^4$$

- Rasio Kekakuan Balok terhadap Pelat:

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_p}$$

$$\alpha_1 = \frac{591964,6}{51840}$$

$$\alpha_1 = 11,42$$

➤ Dari keempat balok di atas didapat rata-rata :

$$\alpha_m = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4}$$

$$\alpha_m = \frac{11,42 + 11,42 + 11,42 + 11,42}{4}$$

$$\alpha_m = 11,42$$

Karena  $\alpha_m > 2,0$  maka dipakai persamaan:

$$h = \frac{\ln \left( 0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$$

*Bab 2.5.1 Persamaan 2.75*

$$h = \frac{300 \left( 0,8 + \frac{400}{1400} \right)}{36 + 9(1)}$$

$$h = 7,238 \text{ cm} < 9 \text{ cm}$$

Sehingga dipakai pelat dengan tebal 12 cm

#### 4.1.5 Perencanaan Dimensi Tangga

➤ Data Perencanaan

Mutu Beton ( $f_c'$ ) = 30 Mpa

BJ Tul. Lentur ( $f_y$ ) = 390 Mpa

Tebal Rencana Plat Tangga = 0,15 m = 150 mm

Tebal Rencana Plat Bordes = 0,15 m = 150 mm

Panjang datar tangga (I) = 330 m

Tinggi Tangga = 4,2 m

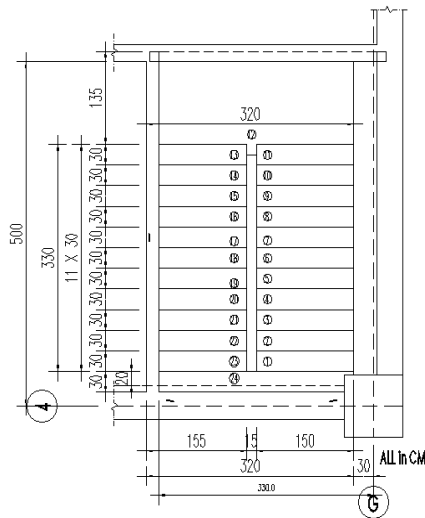
Tinggi Bordes (T) = 2,1 m

Lebar Bordes = 1,35 m

Panjang Bordes = 3 m

Tebal selimut beton = 30 mm

➤ Gambar Denah Perencanaan



**Gambar 4. 18** Denah Perencanaan Tangga

➤ Perhitungan Perencanaan

Direncanakan jumlah injakan (n) = 12

- Tinggi anak tangga (t)
 
$$= T/n$$

$$= 210 \text{ cm}/12$$

$$= 17,5 \text{ cm}$$
- Panjang anak tangga (i) =  $I/n$ 

$$= 330 \text{ cm}/12$$

$$= 27,5 \text{ cm}$$

$$\approx 30 \text{ cm}$$
- Sudut kemiringan tangga
 
$$\alpha = \tan^{-1} (t/i)$$

$$= \tan^{-1} (17,5 \text{ cm}/30 \text{ cm})$$

$$= 30,256^{\circ}$$
- Syarat sudut kemiringan tangga
 
$$25^{\circ} \leq \alpha \leq 40^{\circ} \rightarrow 25^{\circ} \leq 30,256 \leq 40^{\circ} \text{ (Memenuhi)}$$

Syarat jarak satu langkah orang berjalan

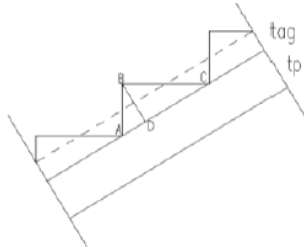
$$60^{\circ} \leq 2t+i \leq 65^{\circ}$$

$$2t + i = 2(17,5) + 30$$

$$= 65^\circ$$

$$60^\circ \leq 2t + i \leq 65^\circ \rightarrow 60^\circ \leq 65 \leq 65^\circ \quad (\text{Memenuhi})$$

- Tebal Efektif



**Gambar 4. 19** Potongan Rencana Tangga diperbesar

Panjang Miring:

$$AB = 17,5 \text{ cm}$$

$$BC = 30 \text{ cm}$$

$$AC = \sqrt{17,5^2 + 30^2}$$

$$= 34,731 \text{ cm}$$

Tebal Pelat Ekivalen

$$BD/AB = BC/AC$$

$$BD = (BC \times AB)/AC$$

$$BD = (30 \times 17,5)/34,731$$

$$BD = 15,116$$

$$\text{Tag} = \frac{2}{3} \times 15,116$$

$$= \frac{2}{3} \times BD$$

$$= 10,077 \text{ cm}$$

Maka tebal efektif pelat tangga =  $10,077 \approx 15 \text{ cm}$ .

## 4.2 Perencanaan Struktur Atap Baja

### 4.2.1 Perhitungan Gording

#### ➤ Data Perencanaan

Mutu Baja	= BJ-41	
$f_y$	= 250 MPa	= 2500 kg/cm <sup>2</sup>
$f_u$	= 410 Mpa	= 4100 kg/cm <sup>2</sup>
Sudut Atap	= 30°	= 0,52 rad
Jarak antar Kuda-kuda	= 3,6 m	
Jarak antar Gording (b)	= 1,2 m	
Jumlah Penggantung	= 1 buah	
Jarak Melintang	= 18 m	
Modulus Elastisitas (E)	= 200000 MPa	
Tegangan Ijin	= 1600 kg/m <sup>2</sup>	
Beban Pekerja	= 100 kg	
Kecepatan Angin Dasar	= 30 km/jam	
Bahan Penutup Atap	= Genteng	
Berat Genteng Reng Usuk	= 65 kg/m <sup>2</sup>	
Plafond Kalsiboard	= 6,39 kg/m <sup>2</sup>	
Pertisi Plafond Kalsiboard	= 11,67 kg/m <sup>2</sup>	

#### ➤ Rencana Profil

LLC 150.65.20.3,2

$w = 7,51 \text{ kg/m}$

$A_g = 957 \text{ mm}^2$

$C_y = 21,1 \text{ mm}$

$C_x = 51 \text{ mm}$

$I_x = 332 \text{ cm}^4$

$I_y = 54 \text{ cm}^4$

$i_x = 58,9 \text{ mm}$

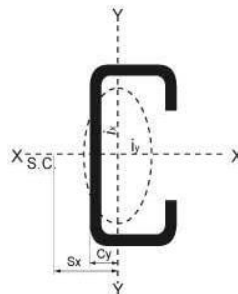
$i_y = 23,7 \text{ mm}$

$S_x = 44,3 \text{ cm}^3$

$S_y = 12,2 \text{ cm}^3$

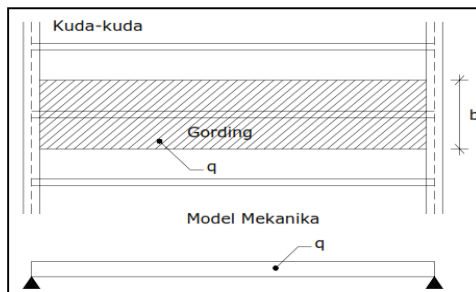
$C_w = 2608 \text{ cm}^6$

$J = 3265 \text{ cm}^4$

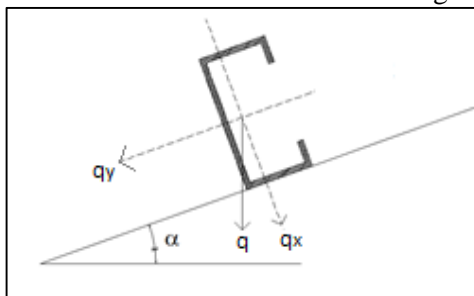


**Gambar 4. 20** Profil LLC

➤ Gambar Perencanaan



**Gambar 4. 21** Perencanaan Gording



**Gambar 4. 22** Penguraian Gaya pada Gording

➤ Perhitungan Perencanaan

A. Perhitungan Beban pada Gording

1. Beban Mati

$$\begin{aligned}\text{Beban penutup atap} &= \text{genteng, usuk, reng} \times b \\ &= 65 \times 1,2 \\ &= 78 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban Plafond} &= \text{plafond} + \text{partisi} \times b \\ &= (6,39 + 11,67) \times 1,2 \\ &= 21,67 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

$$\text{Berat Gording} = 7,51 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned}Q_d &= \text{beban penutup atap} + \text{beban plafond} + \text{berat gording} \\ &= 78 + 21,67 + 7,51 \\ &= 107,18 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat lain lain } (10\% \times Q_d) &= 10\% \times 107,18 \\ &= 10,718 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_d \text{ total} &= Q_d + \text{Berat lain-lain} \\ &= 107,18 + 10,718 \\ &= 117,89 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}- Q_{dx} &= \text{Arah } x \text{ (kg/m)} \\ Q_{dx} &= Q_d \text{ tot} \times \cos \alpha \\ &= 117,89 \times \cos 30 \\ &= 102,099 \text{ kg/m} \\ - Q_{dy} &= \text{Arah } y \text{ (kg/m)} \\ Q_{dy} &= Q_d \text{ tot} \times \sin \alpha \\ &= 117,89 \times \sin 30 \\ &= 58,947 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

## 2. Beban Hidup

$$\text{Beban Pekerja (terpusat)} = 100 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}- P_x &= \text{Arah } x \text{ (kg/m)} \\ P_x &= 100 \times \cos 30 \\ &= 86,603 \text{ kg} \\ - P_y &= \text{Arah } y \text{ (kg/m)} \\ P_y &= 100 \times \sin 30 \\ &= 50,000 \text{ kg}\end{aligned}$$

## 3. Beban Air Hujan

$$\text{Beban air hujan (merata)}$$

Diasumsikan:

$$d_s = 20 \text{ mm}$$

$$d_n = 5 \text{ mm}$$

$$R = 0,0098 (d_s + d_n)$$

*Bab 2.6.1 Persamaan 2.88*

$$\begin{aligned}R &= 0,0098 (20 + 5) \\ &= 0,245 \text{ kN/m}^2 \\ &= 24,50 \text{ kg/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}- R_x &= \text{Arah } x \text{ (kg/m)} \\ R_x &= R \times (\cos \alpha) \times b \\ &= 24,50 \times \cos 30 \times 1,2 \\ &= 25,461 \text{ kg/m}\end{aligned}$$



- $R_y = \text{Arah } y \text{ (kg/m)}$   
 $R_y = R \times (\sin \alpha) \times b$   
 $= 24,50 \times \sin 30 \times 1,2$   
 $= 14,700 \text{ kg/m}$

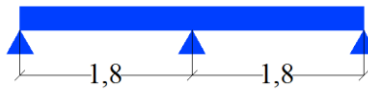
#### 4. Beban Angin

Berdasarkan perhitungan beban angin

- Tekanan Velositas  
 $q_z = 3,14796 \text{ kg/m}^2$   
 $G = 0,85$   
 $q_h = 3,14196 \text{ kg/m}^2$
- Tekanan Angin  
 $h/L = 1,653$   
 $C_p = -0,3$   
 $= 0,2$   
 $P = q \cdot G \cdot C_p$   
 $= 0,53413 \text{ kg/m}^2$

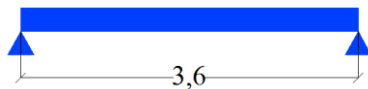
#### B. Perhitungan Momen pada Gording

Momen Arah Y



**Gambar 4. 23** Momen Arah Y

Momen Arah X



**Gambar 4. 24** Momen Arah X

#### 1. Akibat Beban Mati (merata)

$$\begin{aligned}
 Md_x &= \frac{1}{8} \times Qd_x \times (L)^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times 102,099 \times (3,6)^2 \\
 &= 165,401 \text{ Kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Md_y &= \frac{1}{8} \times Qd_y \times \left(\frac{L}{2}\right)^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times 58,947 \times \left(\frac{3,6}{2}\right)^2 \\
 &= 23,874 \text{ Kgm}
 \end{aligned}$$

2. Akibat Beban Air Hujan (merata)

$$\begin{aligned}
 Mr_x &= \frac{1}{8} \times R_x \times (L)^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times 25,461 \times (3,6)^2 \\
 &= 41,247 \text{ Kgm} \\
 Mr_y &= \frac{1}{8} \times R_y \times \left(\frac{L}{2}\right)^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times 14,700 \times \left(\frac{3,6}{2}\right)^2 \\
 &= 5,954 \text{ Kgm}
 \end{aligned}$$

3. Akibat Beban Hidup (Terpusat)

$$\begin{aligned}
 Ml_x &= \frac{1}{4} \times P_x \times (L)^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times 86,603 \times (3,6)^2 \\
 &= 77,942 \text{ Kgm} \\
 Ml_y &= \frac{1}{4} \times P_y \times \left(\frac{L}{2}\right)^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times 50,000 \times \left(\frac{3,6}{2}\right)^2 \\
 &= 22,500 \text{ Kgm}
 \end{aligned}$$

4. Akibat Beban Angin (merata)

$$\begin{aligned}
 Mw_y &= \frac{1}{8} \times W_y \times (L)^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times 0,64096 \times (3,6)^2 \\
 &= 1,038 \text{ Kgm}
 \end{aligned}$$

C. Kontrol Kekuatan

Perhitungan Momen Ultimate pada Gording untuk Kontrol Kekuatan

1. 1,4D

$$\begin{aligned}
 Mux &= 1,4 Mdx \\
 &= 1,4 (165,401) \\
 &= 231,562 \text{ Kgm}
 \end{aligned}$$

- $$\begin{aligned} \text{Muy} &= 1,4 \text{ Mdy} \\ &= 1,4 (23,874) \\ &= 33,423 \text{ Kgm} \end{aligned}$$
2.  $1,2D + 1,6L$
- $$\begin{aligned} \text{Mux} &= 1,2\text{Mdx} + 1,6\text{Mlx} \\ &= 1,2 (165,401) + 1,6 (77,942) \\ &= 323,189 \text{ Kgm} \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned} \text{Muy} &= 1,2\text{Mdy} + 1,6\text{Mly} \\ &= 1,2 (23,874) + 1,6 (22,500) \\ &= 64,648 \text{ Kgm} \end{aligned}$$
3.  $1,2D + 1,6L + 0,5R$
- $$\begin{aligned} \text{Mux} &= 1,2\text{Mdx} + 1,6\text{Mlx} + 0,5\text{Mrx} \\ &= 1,2(165,401) + 1,6(77,942) + 0,5(41,247) \\ &= 343,813 \text{ Kgm} \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned} \text{Muy} &= 1,2\text{Mdy} + 1,6\text{Mly} + 0,5\text{Mry} \\ &= 1,2 (23,874) + 1,6 (22,500) + 0,5(5,954) \\ &= 67,625 \text{ Kgm} \end{aligned}$$
4.  $1,2D + 1,6L + 0,5W$
- $$\begin{aligned} \text{Mux} &= 1,2\text{Mdx} + 1,6\text{Mlx} + 0,5\text{Mwx} \\ &= 1,2 (165,401) + 1,6(77,942) + 0,5(0) \\ &= 323,189 \text{ Kgm} \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned} \text{Muy} &= 1,2\text{Mdy} + 1,6 \text{ Mly} + 0,5\text{Mwy} \\ &= 1,2 (23,874) + 1,6 (22,500) + 0,5(1,038) \\ &= 65,168 \text{ Kgm} \end{aligned}$$
5.  $1,2D + 1,6R + 1,0L$
- $$\begin{aligned} \text{Mux} &= 1,2\text{Mdx} + 1,6\text{Mrx} + 1,0\text{Mlx} \\ &= 1,2 (165,401) + 1,6(41,247) + 1,0(77,942) \\ &= 342,419 \text{ Kgm} \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned} \text{Muy} &= 1,2\text{Mdy} + 1,6 \text{ Mry} + 1,0\text{Mly} \\ &= 1,2 (23,874) + 1,6(5,954) + 1,0(22,500) \\ &= 60,674 \text{ Kgm} \end{aligned}$$
6.  $1,2D + 1,6R + 0,5W$
- $$\begin{aligned} \text{Mux} &= 1,2\text{Mdx} + 1,6\text{Mrx} + 0,5\text{Mwx} \\ &= 1,2(165,401) + 1,6(41,247) + 0,5(0) \\ &= 264,477 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{uy} &= 1,2M_{dy} + 1,6 M_{ry} + 0,5M_{wy} \\
 &= 1,2 (23,874) + 1,6(5,954) + 0,5(1,038) \\
 &= 38,693 \text{ Kgm}
 \end{aligned}$$

$$7. 1,2D + 1,0W + 0,5L$$

$$\begin{aligned}
 M_{ux} &= 1,2M_{dx} + 1,0M_{wx} + 0,5M_{lx} \\
 &= 1,2 (165,401) + 1,0(0) + 0,5(77,942) \\
 &= 237,453 \text{ Kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{uy} &= 1,2M_{dy} + 1,0M_{wy} + 0,5M_{ly} \\
 &= 1,2(23,874) + 1,0 (1,038) + 0,5(22,500) \\
 &= 40,937 \text{ Kgm}
 \end{aligned}$$

$$8. 1,2D + 1,0W + 0,5R$$

$$\begin{aligned}
 M_{ux} &= 1,2M_{dx} + 1,6M_{wx} + 0,5M_{rx} \\
 &= 1,2 (165,401) + 1,0(0) + 0,5(41,247) \\
 &= 219,105 \text{ Kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{uy} &= 1,2M_{dy} + 1,6 M_{wy} + 0,5M_{ry} \\
 &= 1,2(23,874) + 1,0 (1,038) + 0,5(5,954) \\
 &= 32,663 \text{ Kgm}
 \end{aligned}$$

$$9. 0,9D + 1,0W$$

$$\begin{aligned}
 M_{ux} &= 0,9M_{dx} + 1,0M_{wx} \\
 &= 0,9 (165,401) + 1,0(0) \\
 &= 148,861 \text{ Kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{uy} &= 0,9M_{dy} + 1,0M_{wy} \\
 &= 0,9 (23,874) + 1,0(1,038) \\
 &= 22,525 \text{ Kgm}
 \end{aligned}$$

Momen Ultimate menentukan untuk kontrol kekuatan :

$$M_{ux} = 343,813 \text{ Kgm}$$

$$M_{uy} = 67,625 \text{ Kgm}$$

$$M_{nx} = \Sigma M_{ux} = 2434,067 \text{ Kgm}$$

$$M_{ny} = \Sigma M_{uy} = 426,356 \text{ Kgm}$$

$$\phi_b = 0,9$$

Maka,

$$\frac{M_{ux}}{\phi_b \times M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b \times \frac{M_{ny}}{2}} \leq 1$$

*Bab 2.6.1 Persamaan 2.89*

$$\frac{343,813}{0,9 \times 2434,067} + \frac{67,625}{0,9 \times \frac{426,256}{2}} \leq 1$$

$$0,509 \leq 1 \text{ ( OK )}$$

#### D. Cek Kelangsingan

##### ➤ Sayap

$$\lambda = \frac{B}{t_p} = \frac{65}{3,2} = 20,3$$

*Bab 2.6.1 Persamaan 2.90*

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,7$$

Karena  $\lambda \geq \lambda_p \rightarrow 20,3 \geq 10,7$ , maka penampang tidak kompak.

##### ➤ Badan

$$\lambda = \frac{h - (2t_f)}{t_w} = \frac{150 - (2 \times 3,2)}{3,2} = 44,9$$

*Bab 2.6.1 Persamaan 2.93*

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106$$

Karena  $\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 44,9 \leq 106$ , maka penampang kompak.

#### E. Kontrol Lentur

Profil Kanal melengkung di sumbu mayor, berdasarkan analisa penampang, badan dan sayap profil kompak.

- Pelelehan

$$\begin{aligned} Z_x &= b t_f (d - t_f) + \frac{1}{4} t_w \left( d - \frac{2 t_f}{4} \right)^2 \\ &= 65 \times 3,2 (150 - 3,2) + \frac{1}{4} 3,2 (150 - 2 \times 3,2)^2 \\ &= 47031,168 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x F_y \\ &= 47031,168 \times 250 \\ &= 11757792 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi M_p \\ &= 0,9 (11757792) \end{aligned}$$

$$= 10582012,8 \text{ Nmm}$$

- Tekuk Torsi Lateral

$$\begin{aligned} r_y &= \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} \\ &= \sqrt{\frac{540000}{957}} \\ &= 23,754 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= 1,76(23,754) \sqrt{\frac{200000}{250}} \\ &= 1182,49 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G &= \frac{E}{2(1+\nu)} \\ &= \frac{200000}{2(1+0,3)} \\ &= 76923,1 \approx 80000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} J &= 1/3(2bt_f^3 + (h-t_f)t_w^3) \\ &= 1/3(2(65(3,2^3)) + (150-3,2)3,2^3) \\ &= 3023,394 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_0 &= h - t_f \\ &= 150 - 3,2 \\ &= 146,8 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_w &= \frac{I_y h_0^2}{4} \\ &= 540000(146,8^2)/4 \\ &= 2,909.10^9 \text{ mm}^6 \end{aligned}$$

$$c = \frac{h_0}{2} \sqrt{\frac{I_y}{C_w}}$$

$$\begin{aligned} c &= \frac{146,8}{2} \sqrt{\frac{540000}{2,909.10^9}} \\ &= 1,056 \end{aligned}$$

$$r_{ts} = \frac{b_f}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{1}{6} \frac{h t_w}{b_f t_f} \right)}}$$

$$= \frac{65}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{1}{6} \frac{150(3,2)}{(65)(3,2)} \right)}}$$

$$= 15,956 \text{ mm}$$

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o} + \sqrt{\left( \frac{J_c}{S_x h_o} \right)^2 + 6,76 \left( \frac{0,7 F_y}{E} \right)^2}}$$

$$= 1869,097 \text{ mm}$$

Karena  $L_p < L_b < L_r \rightarrow 1182,49 \text{ mm} < 1800 \text{ mm} < 1869,097 \text{ mm}$  sehingga termasuk kedalam bentang menengah.

- Mencari Koefisien  $C_b$

$$\begin{aligned} M_{maks} &= \frac{1}{8} Q d L^2 + \frac{1}{4} P L \\ &= \frac{1}{8} 102,099 (3,6^2) + \frac{1}{4} 86,603 (3,6) \\ &= 243,34346 \text{ Kgm} \end{aligned}$$

$$= 2433434,6 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_A &= \frac{1}{8} Q d \cdot \frac{1}{4} L^2 + \frac{1}{4} P \cdot \frac{1}{4} L \\ &= \frac{1}{8} 102,099 \left( \left( \frac{1}{4} \times 3,6 \right)^2 \right) + \frac{1}{4} 86,603 \left( \frac{1}{4} \times 3,6 \right) \\ &= 29,823145 \text{ Kgm} \end{aligned}$$

$$= 298231,45 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_B &= \frac{1}{8} Q d \cdot \frac{1}{2} L^2 + \frac{1}{4} P \cdot \frac{1}{2} L \\ &= \frac{1}{8} 102,099 \left( \left( \frac{1}{2} \times 3,6 \right)^2 \right) + \frac{1}{4} 86,603 \left( \frac{1}{2} \times 3,6 \right) \\ &= 243,34346 \text{ Kgm} \end{aligned}$$

$$= 2433434,6 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_C &= \frac{1}{8} Q d \cdot \frac{3}{4} L^2 + \frac{1}{4} P \cdot \frac{3}{4} L \\ &= \frac{1}{8} 102,099 \left( \left( \frac{3}{4} \times 3,6 \right)^2 \right) + \frac{1}{4} 86,603 \left( \frac{3}{4} \times 3,6 \right) \\ &= 151,494873 \text{ Kgm} \end{aligned}$$

$$= 1514948,73 \text{ Nmm}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{maks}}{2,5 M_{maks} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2,3$$

$$= 1,431 \leq 2,3$$

Sehingga nilai Mn

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,75 F_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

*Bab 2.6.1 Persamaan 2.97*

$$= 1,431 \left[ 117.10^5 - (117.10^5 - 0,75(250)(44,3.10^3) \left( \frac{1800 - 1182,49}{1869,097 - 1182,49} \right) \right]$$

$$= 11271292,36 \text{ Nmm}$$

$$M_n \leq M_p$$

$$11271292,36 \text{ Nmm} \leq 11757792 \text{ Nmm (Oke)}$$

Mn diambil nilai terkeci antara Mn Pelelehan dengan Mn Tekuk Torsi Lateral.

$$M_n = 10582013 \text{ Nmm}$$

- Kontrol Kemampuan Berdasarkan DFBK

$$R_u < \phi R_n$$

$$3438125,9 \text{ Kgm} < 0,9 \times 10582103 \text{ Kgm}$$

$$3438125,9 \text{ Kgm} < 9523811,520 \quad (\text{Memenuhi})$$

$$\text{Rasio} = \frac{3438125,9}{9523811,52} = 0,361$$

Profil Kanal di sumbu mayor , berdasarkan analisa penampang badan kompak dan sayap non kompak/langsing.

- Tekuk Torsi Lateral

$$M_n = 11284111,91 \text{ Nmm}$$

- Tekuk Lokal Sayap Tekan

Untuk penampang dengan sayap non kompak

$$M_p = 11757792 \text{ Nmm}$$

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{65}{2(3,2)}$$

$$= 10,156$$

$$\lambda_{pf} = 10,7 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_{rf} = 1,0 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,0 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$



$$= 28,284$$

$$\begin{aligned} M_n &= M_p - \left( M_p - 0,75 F_y S_x \right) \left( \frac{\lambda - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right) \\ &= 117 \cdot 10^6 - (117 \cdot 10^6 - 0,7 \times 250 \times 44,2 \cdot 10^3) \left( \frac{10,156 - 10,7}{28,284 - 10,7} \right) \\ &= 11892953,4 \text{ Kgm} \end{aligned}$$

$$M_n \text{ diambil} = 11271292 \text{ Kgm}$$

- Kontrol Kemampuan

Berdasarkan DFBK

$$R_u < \phi R_n$$

$$3438125,9 \text{ Kgm} < 0,9 \times 11271292 \text{ Kgm}$$

$$3438125,9 \text{ Kgm} < 10144163 \quad (\text{Memenuhi})$$

$$\text{Rasio} = \frac{3438125,9}{11271292} = 0,339$$

F. Kontrol Lendutan

$$\Delta x = \frac{5}{384} \frac{Qdx \cos \alpha \cdot L^4}{E I_x} + \frac{1}{48} \frac{Px \cos \alpha \cdot L^3}{E I_x}$$

*Bab 2.6.1 Persamaan 2.108*

$$\Delta y = \frac{5}{384} \frac{Qdy \sin \alpha \cdot (L/3)^4}{E I_y} + \frac{1}{48} \frac{Py \sin \alpha \cdot (L/3)^3}{E I_y}$$

*Bab 2.6.1 Persamaan 2.109*

$$Qdx = 102,099 \text{ Kg/m} = 1,021 \text{ N/mm}$$

$$Qdy = 58,947 \text{ Kg/m} = 0,589 \text{ N/mm}$$

$$\alpha = 30^\circ = 0,52 \text{ rad}$$

$$L = 3,6 \text{ m} = 3600 \text{ mm}$$

$$E = 200000 \text{ MPa}$$

$$I_x = 332 \text{ cm}^4 = 3320000 \text{ mm}^4$$

$$I_y = 54 \text{ cm}^4 = 540000 \text{ mm}^4$$

$$Px = 83,138 \text{ Kg} = 831,384 \text{ N}$$

$$P_y = 48,000 \text{ Kg} = 480 \text{ N}$$

$$\Delta x = \frac{5}{384} \frac{1,021 \times \cos 30 \times (3600)^4}{200000 \times 3320000} + \frac{1}{48} \frac{831,384 \times \cos 30 \times (3600)^3}{200000 \times 3320000}$$

$$= 3,966 \text{ mm}$$

$$= 0,154 \text{ mm}$$

$$\Delta y = \frac{5}{384} \frac{0,589 \times \sin 30 \times (3600/3)^4}{200000 \times 540000} + \frac{1}{48} \frac{480 \times \sin 30 \times (3600/3)^3}{200000 \times 540000}$$

$$\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} \leq \frac{L}{240}$$

$$\sqrt{3,966^2 + 0,154^2} \leq \frac{3600}{240}$$

$$3,969 \text{ mm} \leq 15 \text{ mm (Memenuhi)}$$

Jadi, profil yang digunakan adalah LLC 150.65.20.3,2 dengan rasio tegangan = 0,334 dan rasio lendutan = 0,265.

#### 4.2.2 Perhitungan Penggantung Gording

➤ Data Perencanaan :

Profil Gording = LLC 150.65.20.3,2

Berat Gording = 7,51 kg/m

Jarak Antar Gording (b) = 1,2 m

Bahan Penutup Atap = Genteng

Berat Genteng (Reng, Usuk Kayu) = 65 kg/m<sup>2</sup>

Sudut Kemiringan Atap = 30° = 0,52 rad

Tekanan Tiup Angin = 30 km/jam

Jumlah Gording (n) = 10 buah

Jumlah Penggantung = 1 buah

F<sub>y</sub> = 250 MPa = 2500 kg/cm<sup>2</sup>

F<sub>u</sub> = 410 Mpa = 4100 kg/cm<sup>2</sup>

Jarak Antar Kuda-Kuda = 3,6 m

L<sub>1</sub> = 1,8 m

Beban Pekerja = 100 kg

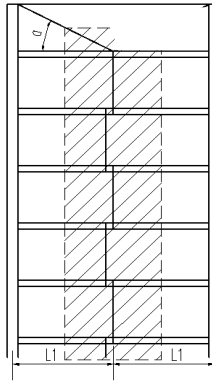
Bentang Kuda-kuda = 18 m

Tinggi Atap = 4,5 m

Plafonf Kalsiboard = 6,39 kg/m<sup>2</sup>

Perisi Plafond Kalsiboard = 11,67 kg/m<sup>2</sup>

➤ Sketsa



**Gambar 4. 25** Perencanaan Penggantung Gording

➤ Perhitungan Perencanaan

A. Perhitungan Beban yang Ditumpu

1. Beban Mati

- Beban penutup atap = berat genteng x b  
 $= 65 \times 1,2$   
 $= 78 \text{ kg/m}$
- Beban Plafond = (plafond+pertisi)xb  
 $= (6,39 + 11,67) \times 1,2$   
 $= 21,67 \text{ kg/m}$
- Berat Gording = 7,51 kg/m

$$Q_D = \text{berat penutup atap} + \text{berat plafond} + \text{berat gording}$$

$$= 78 + 21,67 + 7,51$$

$$= 107,177 \text{ kg/m}$$

• Berat lain lain:

$$10\% Q_D = 10\% \times 107,177$$

$$= 10,717 \text{ kg/m}$$

$$Q_D \text{ total} = Q_D + \text{Berat lain lain}$$

$$= 107,177 + 10,717$$

$$= 117,894 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned}
 - Q_d y &= \text{Arah } y \text{ (kg/m)} \\
 &= Q_D \text{ total} \times \sin \alpha \\
 &= 117,894 \times \sin 30 \\
 &= 58,947 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

## 2. Beban Hidup

Beban Pekerja (Terpusat) = 100 kg

$$P_y = \text{Arah } y \text{ (kg)}$$

$$\begin{aligned}
 P_y &= P \times \sin \alpha \\
 &= 100 \times \sin 30 \\
 &= 50 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

## B. Kombinasi Pembebanan

$$\begin{aligned}
 1. \quad 1,4D &= 1,4 (58,947) \\
 &= 82,526 \text{ kg} \\
 2. \quad 1,2D + 1,6L &= 1,2 (58,947) + 1,6 (50) \\
 &= 150,737 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

## C. Kestimbangan Gaya Vertikal

$$\begin{aligned}
 N &= n \times qU \\
 &= 10 \times 150,737 \text{ kg} \\
 &= 1507,37 \text{ kg} \\
 \text{Arc tan } b/L_1 &= \text{Arc tan } (1,2/1,8) \\
 &= 33,690^\circ
 \end{aligned}$$

## D. Gaya yang Disalurkan ke Kuda-kuda

$$\begin{aligned}
 P_u &= T = N/\sin \theta \\
 &= 1507,37 \text{ kg} / (33,690^\circ) \\
 &= 2717,44 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

## E. Kontrol Leleh

$$\begin{aligned}
 A_g &= P_u / (\phi \times F_y) \\
 &= 2920,208 \text{ kg} / (0,9 \times 2500 \text{ kg/cm}^2) \\
 &= 1,208 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

## F. Kontrol Putus

$$\begin{aligned}
 \emptyset &= 0,75 \\
 U &= 1 \\
 A_g &= P_u / (\phi \times F_u \times 0,75) \\
 &= 2717,44 \text{ kg} / (0,9 \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \times 0,75) \\
 &= 0,884 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Dipakai } A_g &= 1,208 \text{ cm}^2 \\
 d &= \sqrt{4 \times (A_g / \pi)} \\
 &= \sqrt{4 \times (1,208 / \pi)} \\
 &= 1,240 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Diameter penggantung gording sebesar 1,4 cm

$$\begin{aligned}
 A \text{ pakai} &> A_{\min} \\
 1/4 \times \pi \times d^2 &> A_g \\
 1,54 \text{ cm}^2 &> 0,88 \text{ cm}^2 \\
 15,39 \text{ mm}^2 &> 8,8 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

#### G. Kekuatan Tarik

$$\begin{aligned}
 P_n &= A_g \cdot f_y \\
 &= 15,39 \text{ mm}^2 \times 250 \text{ MPa} \\
 &= 38485 \text{ N} \\
 &= 3848,5 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

#### H. Kontrol Kemampuan

Berdasarkan DFBK

$$R_u < \phi R_n$$

*Bab 2.6.2 Poin 7*

$$\begin{aligned}
 2717,44 \text{ kg} &< 0,9 \times 3848,5 \text{ kg} \\
 2717,44 \text{ kg} &< 3463,606 \text{ kg} \quad (\text{Memenuhi})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rasio} &= \frac{T_u}{\phi T_n} = \frac{2717,44}{3463,606} \\
 &= 0,785
 \end{aligned}$$

Jadi, penggantung gording yang digunakan Ø14 mm dan berjumlah 1 buah dengan rasio tegangan = 0,785.

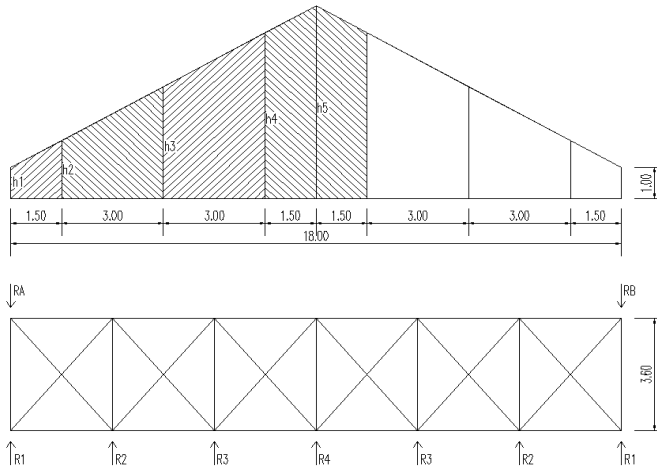
#### 4.2.3 Perhitungan Ikatan Angin

##### ➤ Data Perencanaan

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak antar Gording} &= 1,2 \text{ m} \\
 \text{Sudut Kemiringan Atap} &= 30^\circ = 0,52 \text{ rad} \\
 \text{Kecepatan Angin Dasar} &= 30 \text{ km/jam} \\
 \text{Tinggi Kolom} &= 1 \text{ m} \\
 \text{Jarak antar Kuda-kuda} &= 3,6 \text{ m} \\
 \text{Betang Kuda-kuda} &= 18 \text{ m} \\
 \text{Penutup Atap} &= \text{Genteng}
 \end{aligned}$$

Mutu Baja = BJ-41  
 Fu = 250 MPa = 2500 kg/cm<sup>2</sup>  
 Fy = 410 MPa = 4100 kg/cm<sup>2</sup>  
 Koefisien Angin Tekan = 0,4  
 b = 3 m

➤ Sketsa



**Gambar 4. 26** Perencanaan Ikatan Angin

➤ Perhitungan

a. Perhitungan Pembebanan

$$\text{Tekanan Angin (W)} = 0,53413 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Koefisien Angin (C)} = 0,9$$

Gaya yang bekerja akibat tiupan angin

$$R = W.C.A$$

b. Perhitungan Tinggi Bidang

$$h_1 = 1,00 = 1,00 \text{ m}$$

$$h_2 = h_1 + (1,50 \times \text{tg } 30) = 1,87 \text{ m}$$

$$h_3 = h_1 + (4,50 \times \text{tg } 30) = 3,60 \text{ m}$$

$$h_4 = h_1 + (7,50 \times \text{tg } 30) = 5,33 \text{ m}$$

$$h_5 = h_1 + (9,00 \times \text{tg } 30) = 6,20 \text{ m}$$

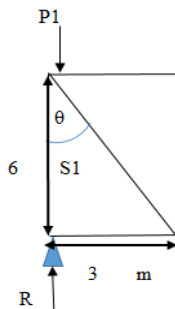
c. Perhitungan Luas Bidang

$$\begin{aligned}
 A_1 &= 0,5 (h_1+h_2) (3/2) = 2,15 \text{ m}^2 \\
 A_2 &= 0,5 (h_2+h_3) (3) = 8,20 \text{ m}^2 \\
 A_3 &= 0,5 (h_3+h_4) (3) = 13,39 \text{ m}^2 \\
 A_4 &= 0,5 (h_4+h_5) (0/2) = 8,64 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

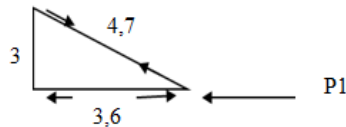
d. Perhitungan Gaya yang Bekerja

$$\begin{aligned}
 R_1 &= 0,5 \times 0,9 \times 2,15 = 1,03 \text{ kg} \\
 R_2 &= 0,5 \times 0,9 \times 8,20 = 3,94 \text{ kg} \\
 R_3 &= 0,5 \times 0,9 \times 13,39 = 6,44 \text{ kg} \\
 R_4 &= 0,5 \times 0,9 \times 17,29 = \underline{8,31 \text{ kg}} \\
 RA &= 19,72 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

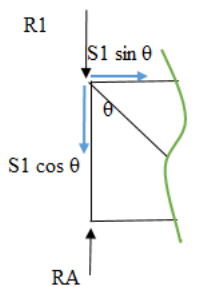
Menghitung gaya dalam yang terjadi pada batang diagonal (menggunakan metode ritter). Menghitung gaya dalam batang 1,2, dan 3 karena konstruksi simetris maka batang 4,5, dan 6 juga dapat diketahui.



Sudut yang dibentuk ikatan angin:



$$\begin{aligned}
 \theta &= \tan^{-1} (3/3,6) \\
 \theta &= 40^\circ
 \end{aligned}$$



Batang 1:

$$\sum V = 0$$

$$R - P1 - S1 \cos \theta = 0$$

$$S1 = \frac{R - P1}{\cos \theta}$$

$$\begin{aligned}
 S1 &= \frac{19,72 - 1,03}{\cos 40} \\
 &= 24,33 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Nilai  $S1 = Pu = N = 24,33 \text{ kg}$

## e. Perencanaan Batang Tarik

Hitung besar nilai  $A_g$  (Penampang Ikatan Angin)

- Tinjauan terhadap leleh

$$\begin{aligned}\phi &= 0,9 \\ A_g &= \frac{P_u}{\phi F_y} \\ &= \frac{24,33 \text{ kg}}{0,9 (410 \text{ MPa})} \\ &= 0,011 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

- Tinjauan terhadap putus

$$\begin{aligned}\phi &= 0,75 \\ U &= 1 \\ P_u &= \phi F_u A_e \\ &= \phi F_u (U \cdot A_g)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_g &= \frac{P_u}{\phi U F_u} \\ &= \frac{24,33 \text{ kg}}{0,75(1)(250 \text{ MPa})} \\ &= 0,01 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

## f. Penampang Perlu Ikatan Angin

$$A_g \text{ menentukan} = 0,011 \text{ cm}^2$$

$$\frac{1}{4} \pi d^2 = 0,011 \text{ cm}^2$$

$$d \text{ perlu} = 0,12 \text{ cm}$$

$$d \text{ pakai} = 1 \text{ cm}$$

Penampang pakai ikatan angin:

$$A_g \text{ pakai} = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$= \frac{1}{4} \pi (1)^2$$

$$= 0,785 \text{ cm}^2$$



## g. Kontrol Kemampuan

$$\begin{aligned}
 R_u &= N/\sin \theta \\
 &= 24,33 \text{ kg}/\sin 40 \\
 &= 38,00 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= A_g \cdot f_y \\
 &= 0,785 \text{ cm}^2 \times 250 \text{ MPa} \\
 &= 2898,12 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_u &\leq \phi R_n \\
 38,00 \text{ kg} &\leq 0,9 \times 2898,12 \text{ kg} \\
 38,00 \text{ kg} &\leq 2608,31 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

## h. Stress Ratio

$$\begin{aligned}
 \frac{R_u}{R_n} &\leq 1 \\
 \frac{38,00}{2608,31} &\leq 1
 \end{aligned}$$

$$0,013 \leq 1$$

Dari kedua diameter (r) tersebut, diambil yang terbesar dan yang dipasang haruslah sesuai dengan diameter yang tersedia di pasaran. Digunakan ikatan angin berdiameter 10 mm, dengan rasio tegangan adalah 0,013.

## 4.2.4 Perhitungan Kuda-kuda

## ➤ Data Perencanaan

Mutu Baja	= BJ-41
$f_y = 250 \text{ MPa}$	$= 2500 \text{ kg/cm}^2$
$f_u = 410 \text{ MPa}$	$= 4100 \text{ kg/cm}^2$
$f_r$	$= 70 \text{ MPa}$
Penutup Atap	= Genteng
Berat Genteng	$= 65 \text{ kg/m}^2$
Jarak Kuda-kuda	$= 3,6 \text{ m}$
Sudut Kemiringan Atap	$= 30^\circ = 0,52 \text{ rad}$
Jarak Antar Gording(Lb)	$= 1,2 \text{ m}$
Jarak Melintang	$= 18 \text{ m}$
E	$= 200000 \text{ MPa}$
Tegangan Ijin	$= 2167 \text{ kg/cm}^2$

Profil Gording = LLC 150.65.20.3,2

Berat Gording = 7,51 kg/m

Rencana Profil Kuda-kuda

WF 250.125.6.9

$A_g = 3766 \text{ mm}^2$   $S_x = 324 \text{ cm}^3$

$r = 12 \text{ mm}$   $S_y = 47 \text{ cm}^3$

$W = 29,6 \text{ kg/m}$   $tw = 6 \text{ mm}$

$I_x = 4050 \text{ cm}^4$   $tf = 9 \text{ mm}$

$I_y = 294 \text{ cm}^4$   $A = 250 \text{ mm}$

$i_x = 10,4 \text{ cm}$   $B_f = 125 \text{ mm}$

$i_y = 2,79$

➤ OutPut SAP

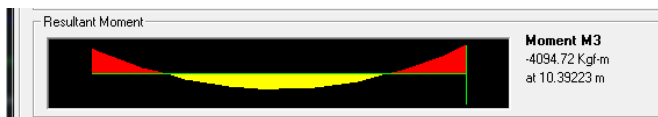
Pada portal As C Didapatkan nilai dari kombinasi yang paling menentukan terjadi pada kombinasi 1,2D+1,6L+0,5W dengan hasil gaya aksial maksimal adalah:

Gaya Tekan (Nu) = 7180,92 kg



**Gambar 4. 27** Output SAP 2000 Gaya Tekan

Momen (Mu) = 4094,72 kgm



**Gambar 4. 28** Output SAP 2000 Momen

Gaya Geser (Vu) = 2330,5 kg



**Gambar 4. 29** Output SAP 2000 Gaya Geser

➤ Perhitungan

a. Cek Kelangsingan

Sayap:

$$\lambda = \frac{B_f}{2t_f} = \frac{125}{2 \times 9}$$

$$= 6,94$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$= 10,7$$

$$\lambda = 6,94 < \lambda_p = 10,7 \text{ (Kompak)}$$

Badan :

$$\lambda = \frac{A - (2t_f)}{t_w} = \frac{250 - (2 \times 9)}{6}$$

$$= 38,7$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$= 106$$

$$\lambda = 38,7 < \lambda_p = 106 \text{ (Kompak)}$$

b. Periksa Momen Nominal Penampang

Karena profil penampang kompak, maka tahanan momen nominal ( $M_n$ ) sama dengan tahanan momen nominal plastis ( $M_p$ ).

$$M_u = 4094,72 \text{ kgm}$$

$$= 40947200 \text{ Nmm}$$

$$Z_x = b t_f (d - t_f) + \frac{1}{4} t_w (d - 2 t_f)^2$$

$$= 125 \times 9 (250 - 9) + \frac{1}{4} 6 (250 - 2 \times 9)^2$$

$$= 351861 \text{ mm}^3$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= Z_x \cdot f_y \\
 &= 351861 \cdot 250 \\
 &= 87965250 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_u &< \phi M_n \\
 40947200 \text{ Nmm} &< 0,9 \times 87965250 \text{ Nmm} \\
 40947200 \text{ Nmm} &< 79168725 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

c. Kontrol Lentur

Profil I melengkung di sumbu mayor dengan badan dan sayap profil kompak

Cek  $M_n$  yang akan dihitung:

$$\begin{aligned}
 r_y &= \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} = \sqrt{2940000 / 3766} \\
 &= 27,94 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_p &= 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,76(27,94) \sqrt{\frac{200000}{250}} \\
 &= 1390,88 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 G &= \frac{E}{2(1+\nu)} \\
 &= \frac{200000}{2(1+0,3)} \\
 &= 76923,1 \approx 80000
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 J &= \frac{1}{3}(2bt_f^3 + (h-t_f)t_w^3) \\
 &= \frac{1}{3}(2(125(9^3)) + (150-9)6^3) \\
 &= 78102 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h_0 &= h - t_f = 250 - 9 \\
 &= 241 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_w &= \frac{I_y h_0^2}{4} = 2940000(241^2)/4 \\
 &= 4,269 \cdot 10^{10} \text{ mm}^6
 \end{aligned}$$

$$c = 1$$

$$r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y \times C_w}}{S_x}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{\sqrt{294 \cdot 10^4 \times 4,269 \cdot 10^{10}}}{324 \cdot 10^3} \\
&= 33,067 \text{ mm} \\
r_{ts} &= \frac{b_f}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{1}{6} \frac{h t_w}{b_f t_f} \right)}} \\
&= \frac{125}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{1}{6} \frac{250(6)}{(125)(9)} \right)}} \\
&= 32,640 \text{ mm} \\
L_r &= 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o} + \sqrt{\left( \frac{J_c}{S_x h_o} \right)^2 + 6,76 \left( \frac{0,7 F_y}{E} \right)^2}} \\
&= 4218,019 \text{ mm} \\
L_b &= 1200 \text{ mm} \\
L_p &= 1390,88 \text{ mm} \\
\text{Cek Tekuk Torsi Lateral:} \\
&\bullet L_b \leq L_p \\
&\quad 1200 \text{ mm} < 1390,88 \text{ mm} \\
&\quad \textbf{(Batas tekuk torsi lateral tidak boleh digunakan)} \\
&\bullet L_p \leq L_b \leq L_r \\
&\quad 1390,88 \text{ mm} < 1200 \text{ mm} < 4218,019 \text{ mm} \\
&\quad \textbf{(Tidak Memenuhi)} \\
&\bullet L_b > L_r \\
&\quad 1200 \text{ mm} > 4218,019 \text{ mm} \\
&\quad \textbf{(Tidak Memenuhi)} \\
\text{d. Momen Nominal Bentang Pendek} \\
M_{nx} &= Z_x \times f_y = 351861 \times 250 \\
&= 8796,525 \text{ kgm} \\
\emptyset M_{nx} &= \emptyset \times M_{nx} = 0,9 \times 8796,525 \\
&= 7916,873 \text{ kgm}
\end{aligned}$$

Kontrol Kemampuan

Berdasarkan DFBK

$$Mu < \phi Mn$$

$$4094,72 \text{ kgm} < 0,9 \times 8796,525$$

$$4094,72 \text{ kgm} < 7916,873 \text{ kgm}$$

**(Memenuhi)**

$$\text{Rasio} = Mu / \phi Mn$$

$$= 4094,72 / 7916,873$$

$$= 0,517$$

e. Kontrol Geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{232}{6}$$

$$= 38,667$$

$$1,10\sqrt{k_v E / f_y} = 1,10\sqrt{5 \times (200000 / 250)}$$

$$= 69,570$$

$$\frac{h}{t_w} < 1,10\sqrt{k_v E / f_y}$$

$$38,667 < 69,570 \text{ (Memenuhi)}$$

maka nilai  $C_v = 1$ 

Sehingga:

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v$$

$$= 0,6 \times 2500 \times (25 \times 0,6) \times 1$$

$$= 22500 \text{ kg}$$

Kontrol Kemampuan

Berdasarkan DFBK

$$Vu < \phi V_n$$

$$2330,5 \text{ kgm} < 0,9 \times 22500$$

$$2330,5 \text{ kgm} < 20250 \text{ kgm}$$

**(Memenuhi)**

$$\text{Rasio} = Vu / \phi V_n$$

$$= 2448,67 / 20250$$

$$= 0,115$$

## f. Kontrol Lendutan

$$L = 1800 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f_{\text{ijin}} &= L/360 \\ &= 1800/360 \\ &= 5 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dari hasil analisis SAP 2000 didapatkan lendutan batang sebesar,  $f = 1,2 \text{ cm}$ , sehingga:

$$f \leq f_{\text{ijin}}$$

$$1,2 \text{ cm} \leq 5 \text{ cm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Sehingga profil WF 250.125.6.9 mampu digunakan sebagai kuda-kuda.

## 4.2.5 Perhitungan Kolom Pendek Baja

## ➤ Data Perencanaan

$$\text{Mutu Baja} = \text{BJ-41}$$

$$f_y = 250 \text{ MPa} = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 410 \text{ MPa} = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_r = 70 \text{ MPa}$$

$$\text{Penutup Atap} = \text{Genteng}$$

$$\text{Berat Genteng} = 65 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Jarak Kuda-kuda} = 3,6 \text{ m}$$

$$\text{Sudut Kemiringan Atap} = 30^\circ = 0,52 \text{ rad}$$

$$\text{Jarak Antar Gording}(L_b) = 1,2 \text{ m} = 1200 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi Kolom (L)} = 1,0 \text{ m} = 1000 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak Melintang} = 18 \text{ m}$$

$$E = 200000 \text{ MPa}$$

$$\text{Tegangan Ijin} = 2167 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Profil Gording} = \text{LLC } 150.65.20.3,2$$

$$\text{Berat Gording} = 7,51 \text{ kg/m}$$

$$\text{Rencana Profil Kolom}$$

$$\text{WF } 250.125.6.9$$

$$A_g = 3766 \text{ mm}^2 \quad S_x = 324 \text{ cm}^3$$

$$r = 12 \text{ mm} \quad S_y = 47 \text{ cm}^3$$

$W = 29,6 \text{ kg/m}$	$tw = 6 \text{ mm}$
$I_x = 4050 \text{ cm}^4$	$tf = 9 \text{ mm}$
$I_y = 294 \text{ cm}^4$	$A = 250 \text{ mm}$
$i_x = 10,4 \text{ cm}$	$Bf = 125 \text{ mm}$
$i_y = 2,79$	

➤ **OutPut SAP**

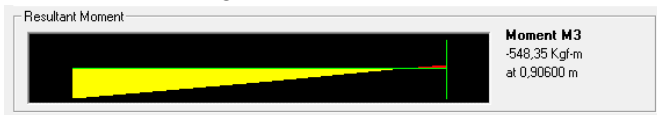
Pada portal As C Frame 411 didapatkan hasil gaya aksial maksimal adalah:

Gaya Tekan (Pu) = 7149,72 kg



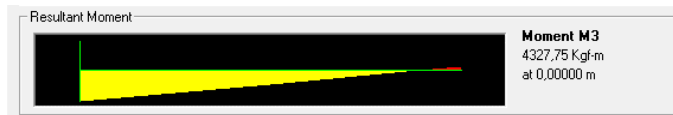
**Gambar 4. 30** Output SAP 2000 Gaya Aksial

$M1 = 548,35 \text{ kgm}$



**Gambar 4. 31** Output SAP 2000 Momen M1

$M2 = 4327,75 \text{ kg}$



**Gambar 4. 32** Output SAP 2000 Momen M2

$H = 5672,74 \text{ kg}$



**Gambar 4. 33** Output SAP 2000 Gaya Geser



➤ Perhitungan

a. Menghitung Faktor Pembesaran Momen

Karena struktur bergoyang, efek P- $\delta$  dianggap tidak ada karena momen akan mengakibatkan P- $\Delta$

$$\Delta H = 0,001 \text{ m}$$

$$H = 56727,4 \text{ N}$$

$$P_{\text{story}} = P_u$$

$$= 71497,2 \text{ N}$$

$$R_M = 0,85$$

$$\begin{aligned} P_{e \text{ story}} &= R_M \frac{HL}{\Delta H} \\ &= 0,85 \frac{56727,4 \text{ N}(1000 \text{ mm})}{1 \text{ mm}} \\ &= 48218290 \text{ N} \end{aligned}$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{\text{story}}}{P_{e \text{ story}}}} \geq 1$$

$$= 1,0015$$

$$M_r = B_2 \cdot M_u$$

$$= 1,0015 \times 43277500 \text{ Nmm}$$

$$= 43341766,38 \text{ Nmm}$$

$$P_r = B_2 \cdot P_u$$

$$= 1,0015 \times 71497,2 \text{ N}$$

$$= 71603,372 \text{ N}$$

b. Cek Kelangsingan

- Sayap

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{B_f}{2t_f} = \frac{125}{2 \times 9} \\ &= 6,94 \end{aligned}$$

$$\lambda_p = 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,56 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$= 15,839$$

$$\lambda = 6,94 < \lambda_p = 15,839 \quad (\text{Kompak})$$

- Badan :

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{250 - (2 \times 9)}{6} = 38,7$$

$$\lambda_p = 1,49 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,49 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 42,1$$

$$\lambda = 38,7 < \lambda_p = 42,1 \quad (\text{Kompak})$$

Karena penampang termasuk elemen kompak atau tidak langsing, maka perhitungan ditinjau berdasarkan tekuk lentur dan tekuk torsi-lentur saja.

c. Tegangan Kritis Tekuk Lentur

$$KL/r = 1(1000)/27,9 = 35,8$$

$$4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 4,71 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 133,219$$

Karena  $KL/r = 35,8 < 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 133,219$ , maka tekuk inelastis.

Fe dihitung dengan cara:

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 200000}{(35,8)^2}$$

$$F_{cr} = \left[ 0,658 \frac{f_y}{f_a} \right] = \left[ 0,658 \frac{250}{1536,520} \right] = 0,934 f_y$$

d. Tegangan Kritis Tekuk-Torsi

Untuk tekuk torsi-lentur profil simetri ganda,  $F_{cr}$  dapat dihitung dengan cara:

$$F_e = \left[ \frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L)^2} + GJ \right] \frac{1}{I_x + I_y}$$

dimana:

$$C_w = I_y h_o^2 / 4$$

$$= (294 \times 10^4)(241^2) / 4$$

$$= 42689535000 \text{ mm}^6$$

$$J = 1/3(2bt^3 + d^3 t_w)$$

$$= 1/3(2(125)(9^3) + (232 \times 6))$$

$$= 61214 \text{ mm}^4$$

$$G = 77200 \text{ MPa}$$

$$I_x + I_y = 4050.10^4 + 294.10^4$$

$$= 4344.10^4 \text{ mm}^4$$

Kolom dianggap jepit-jepit, maka nilai  $K_z L = KL$

$$F_e = \left[ \frac{\pi^2 (2.10^5)(4,269.10^{10})}{(10^3)^2} + (77200)(61214) \right] \frac{1}{4344.10^4}$$

$$= 2048,607 \text{ MPa}$$

$$F_{cr} = \left[ 0,658 \frac{f_y}{f_a} \right] = \left[ 0,658 \frac{250}{2048,607} \right]$$

$$= 0,950 f_y$$

e. Kuat Tekan Nominal

Karena  $F_{cr} \text{ tekuk torsi-lentur} > F_{cr} \text{ tekuk lentur}$ , maka tekuk yang terjadi adalah tekuk lentur, sehingga kuat nominalnya:

$$P_n = F_{cr} A_g$$

$$= (0,934 f_y)(3766)$$

$$= (0,934.250)(3766)$$

$$= 879517,941 \text{ N}$$

$$P_c = \phi P_n$$

$$= 0,9 (879517,941 \text{ N})$$

$$= 791566,147 \text{ N}$$

f. Kuat Lentur Penampang pada Kondisi Plastik

$$\begin{aligned} Z_x &= btf(d-tf)+0,25tw.h^2 \\ &= 125(232-9)+0,25.6.241^2 \\ &= 351861 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x.f_y \\ &= 351861 \times 250 \\ &= 87965250 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

g. Cek Klasifikasi Profil

- Sayap

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{B_f}{2t_f} = \frac{125}{2 \times 9} \\ &= 6,94 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda_p &= 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} \\ &= 10,7 \end{aligned}$$

$$\lambda = 6,94 < \lambda_p = 10,7 \quad (\text{Kompak})$$

- Badan :

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{h_w}{t_w} = \frac{250 - (2 \times 9)}{6} \\ &= 38,7 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda_p &= 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} \\ &= 106,349 \end{aligned}$$

$$\lambda = 38,7 < \lambda_p = 106,349 \quad (\text{Kompak})$$

h. Parameter Tekuk Torsi Lateral

$$\begin{aligned} r_y &= \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} = \sqrt{\frac{294.10^4}{3766}} \\ &= 27,9 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,76(27,94) \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$= 1390,88 \text{ mm}$$

$$G = 77200 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} J &= 1/3(2bt_f^3 + d't_w) \\ &= 1/3(2(125)(9^3) + (232 \times 6)) \\ &= 61214 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_0 &= h - t_f = 250 - 9 \\ &= 241 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_w &= \frac{I_y h_0^2}{4} = 2940000(241^2)/4 \\ &= 4,269.10^{10} \text{ mm}^6 \end{aligned}$$

$$c = 1$$

$$\begin{aligned} r_{ts}^2 &= \frac{\sqrt{I_y \times C_w}}{S_x} \\ &= \frac{\sqrt{294.10^4 \times 4,269.10^{10}}}{324.10^3} \end{aligned}$$

$$= 33,067 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} r_{ts} &= \frac{b_f}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{1}{6} \frac{h t_w}{b_f t_f} \right)}} \\ &= \frac{125}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{1}{6} \frac{250(6)}{(125)(9)} \right)}} \end{aligned}$$

$$= 32,640 \text{ mm}$$

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o} + \sqrt{\left( \frac{J_c}{S_x h_o} \right)^2 + 6,76 \left( \frac{0,7 F_y}{E} \right)^2}}$$

$$= 4162,292 \text{ mm}$$

$$L_b = 1000 \text{ mm}$$

$$L_p = 1390,88 \text{ mm}$$

Cek Tekuk Torsi Lateral:

- $L_b \leq L_p$

$$1000 \text{ mm} > 1390,88 \text{ mm}$$

**(Batas tekuk torsi lateral tidak boleh digunakan)**

i. Momen Nominal

Mn bentang pendek, dicari dengan kondisi leleh:

$$\begin{aligned} M_n &= Z_x \cdot f_y \\ &= 351861 \times 250 \\ &= 87965250 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

j. Kuat Lentur Balok ditentukan oleh Kondisi Leleh

$$\begin{aligned} \phi &= 0,9 \\ M_c &= \phi \cdot M_n \\ &= 0,9 (87965250 \text{ Nmm}) \\ &= 79168725 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

k. Menghitung Interaksi Gaya Aksial dan Momen Lentur

$$\begin{aligned} P_r / P_c &= 71603,372 \text{ N} / 791566,147 \text{ N} \\ &= 0,0905 < 0,2 \end{aligned}$$

maka :

$$\frac{P_r}{2P_c} + \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1$$

$$\frac{P_r}{2P_c} + \left( \frac{M_r}{M_c} \right) \leq 1$$

$$\frac{71603,372}{2(791566,147)} + \left( \frac{43341766,38}{79168725} \right) \leq 1$$

$$0,593 \leq 1$$

**(Memenuhi)**

Sehingga profil WF 250.125.6.9 mampu digunakan sebagai kolom.

#### 4.2.6 Perhitungan Pelat Landas

➤ Data Perencanaan :

Dimensi Profil Baja = WF 250.125.6.9

Dimensi Kolom Beton :

$b$  = 450 mm

$h$  = 450 mm

$f_c'$  = 30 MPa

Mutu Baja = BJ-41

$f_y$  = 250 MPa

$f_u$  = 410 MPa

Baut pada angkur :

Tipe Baut Angkur = A-325

Diameter Baut = 22

$F_{nt}$  = 620 MPa

$F_{nv}$  = 372 MPa

*Bab 2.6.6 Tabel 2.28*

➤ Output SAP

$P_u$  = 714972 kg



**Gambar 4. 34** Output SAP 2000 Gaya Aksial

$M_u$  = 548,35 kgm



**Gambar 4. 35** Output SAP 2000 Momen

$V_u$  = 5672,74 kg



**Gambar 4. 36** Output SAP 2000 Gaya Geser

➤ Perhitungan

1. Perencanaan Dimensi Pelat Landas

Mencari luasan perlu:

$$f_c > P_u/A$$

$$30 > 71497,2 / A$$

$$A > 2383,24 \text{ mm}^2$$

Apabila direncanakan dimensi pelat landas

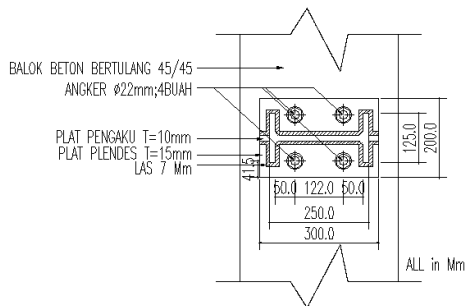
$$b \text{ pelat} = 300 \text{ mm}$$

$$h \text{ pelat} = 200 \text{ mm}$$

$$b \times h = 300 \times 200$$

$$= 60000 \text{ mm}^2 > 2383,24 \text{ mm}^2$$

**(Memenuhi)**



**Gambar 4. 37** Rencana Pelat Landas

$$m = 41,5 \text{ mm}$$

2. Perhitungan Tebal Pelat Landas

Tegangan yang terjadi di bawah pelat landas:

$$f_{pu} = 0,85 f_c'$$

$$= 0,85 (30)$$

$$= 25,5 \text{ MPa}$$

Modulus Penampang:

$$S = 1/6(b \times t_p^2)$$

$$= 1/6(300 t_p^2)$$

$$= 50 t_p^2$$



Sehingga tebal penampang yang dibutuhkan:

$$f_y > M/S$$

$$f_y > \frac{1}{2} \cdot f_{pu} \cdot m^2 / S$$

$$250 > \frac{1}{2} (25,5) (41,5)^2 / 50 t_p^2$$

$$t_p^2 > \frac{1}{2} (25,5) (41,5)^2 / 250$$

$$t_p = 1,325 \text{ mm}$$

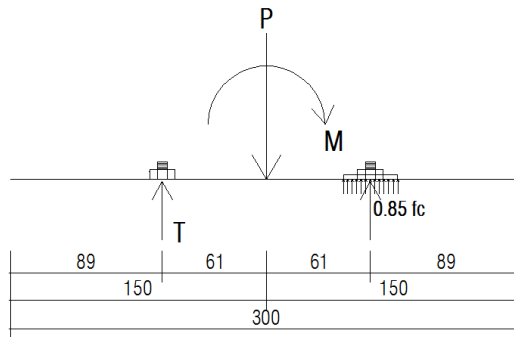
Dipakai tebal pelat landas 9 mm

### 3. Perhitungan Angkur pada Pelat Landas

$$\text{Diameter Angkur} = 16 \text{ mm}$$

$$F_{nt} = 620 \text{ MPa}$$

$$F_{nv} = 372 \text{ MPa}$$



**Gambar 4. 38** Tegangan Angkur Akibat Reaksi Plat Landas

$$\Sigma V = 0$$

$$0 = T - P - 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a$$

$$\Sigma M = 0$$

$$0 = P \cdot 108,5 + M - 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b$$

$$0 = (71497,2 \times 108,50) + (5483500) - 25,5 \times a \times 200 (259 - \frac{1}{2}a)$$

$$0 = 7757446,2 + 5483500 - 1318350 a + 2550 a^2$$

$$0 = 13240946,2 - 1318350 a + 2550 a^2$$

$$a = 506,753 \text{ mm} \quad V \quad a = 10,2 \text{ mm}$$

Dipakai  $a = 10,2 \text{ mm}$

$$0 = T - P - 0,85 f_c' b \cdot a$$

$$0 = T - 71497,2 - 25,5 \cdot 200 \cdot 10,2$$

$$T = 149879,1 \text{ N}$$

Didapatkan nilai tegangan tarik yang terjadi pada angkur sebesar 149879,1 N.

- Untuk kuat tarik satu baut adalah:

$$\phi R_n = F_{nt} \cdot A_b$$

*Bab 2.6.6 Persamaan 2.137*

dimana:

$$A_b = 0,25\pi D^2$$

$$= 0,25\pi(16)^2$$

$$= 201,062 \text{ mm}^2$$

$$\phi R_n = 0,75 (620)(201,062)$$

$$= 93493,797 \text{ N}$$

Sehingga jumlah baut angkur yang dibutuhkan :

$$n = T_u / \phi R_n$$

$$= 149879,1 \text{ N} / 93493,797 \text{ N}$$

$$= 1,6 \approx 2$$

Didapatkan total kebutuhan angkur yang dipasang untuk setiap sisinya adalah 2, sehingga untuk seluruh sisinya adalah 4 buah.

- Perhitungan amgkur terhadap gaya geser

$$V_u = 56727,4 \text{ n}$$

Tinjauan terhadap geser baut :

$$\phi R_n = F_{nv} \cdot A_b$$

*Bab 2.6.6 Persamaan 2.136*

dimana:

$$A_b = 0,25\pi D^2$$

$$= 0,25\pi(16)^2$$

$$= 201,062 \text{ mm}^2$$

$$\phi R_n = 0,75 (372)(201,062)$$

$$= 56096,278 \text{ N}$$

Dikarenakan 4 angkur, maka total kaut geser angkur:

$$4 \times 56096,278 \text{ N} = 224385,114 \text{ N} > 56727,4 \text{ N}$$

**(Memenuhi)**

4. Panjang Penyaluran Angkur

$$\begin{aligned} L_h &= T_u / n \cdot 0.75 \cdot f_c' \cdot d_b \\ &= 149879,1 \text{ N} / 1(0,75)(30)(16) \\ &= 416.331 \text{ mm} \\ &= 450 \text{ mm} \end{aligned}$$

5. Perencanaan Sambungan Las Sudut

Apabila direncanakan :

$$\begin{aligned} \text{Tebal pelat} &= 15 \text{ mm} \\ \text{Mutu logam pengisi} &= \text{FE70xx} \\ F_{exx} &= 490 \text{ MPa} \\ \text{Tebal minimum las} &= 6 \text{ mm} \end{aligned}$$

*Bab 2.6.6 Tabel 2.29*

$$\begin{aligned} \text{Tebal maksimum las} &= 9 - 2 \\ &= 7 \text{ mm} \end{aligned}$$

*Bab 2.6.6 Poin 1.d*

$$\begin{aligned} \text{Diambil las pakai} &= 7 \text{ mm} \\ \text{Profil yang di las} &= \text{WF 250.125.6.9} \end{aligned}$$

Menghitung panjang las

$$\begin{aligned} L_w &= 2(A - 2t_f) \\ &= 2(250 - 2(9)) \\ &= 464 \text{ mm} \end{aligned}$$

Menghitung luas efektif

$$\begin{aligned} A_{we} &= L_w \times \text{tebal efektif} \\ &= 464 \times 15 \\ &= 3248 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tinjauan Ketahanan Las:

$$\begin{aligned} - \text{Ketahanan terhadap Las} \\ \phi R_n &= \phi 0,6 F_{exx} A_{we} \\ &= (0,75)(0,6)(490)(3248) \\ &= 716184 \text{ N} \end{aligned}$$

- Ketahanan terhadap Bahan Dasar

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi 0,6.F_u.A_w \\ &= (0,75)(0,6)(410)(3248) \\ &= 599265 \text{ N}\end{aligned}$$

Sehingga dipakai nilai  $\phi R_n$  terkecil yaitu:

$$\phi R_n = 599265 \text{ N}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}\phi R_n &> V_u \\ 599265 \text{ N} &> 56727,4 \text{ N}\end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

#### 4.2.7 Perhitungan Sambungan

##### Sambungan Balok-Kolom

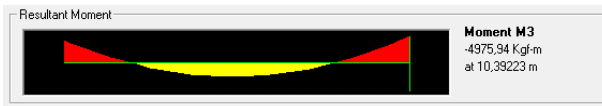
##### ➤ Output SAP

$$V_u = 2749,31 \text{ kg}$$



**Gambar 4. 39** Output SAP 2000 Gaya Geser Sambungan Balok-Kolom

$$M_u = 4975,94 \text{ kgm}$$



**Gambar 4. 40** Output SAP 2000 Momen Sambungan Balok-Kolom

##### ➤ Perhitungan Sambungan

##### 1. Perencanaan Sambungan Baut

- Data Perencanaan:

$$\begin{aligned}\text{Tipe Baut} &= \text{A-325} \\ F_{nt} &= 620 \text{ MPa} \\ F_{nv} &= 373 \text{ MPa}\end{aligned}$$

*Bab 2.6.6 Tabel 2.28*

Diameter Baut = 16 mm  
 Diameter Lubang = 18 mm  
 Jumlah Baut = 8  
 Mutu Pelat Sambung= BJ-41  
 $f_y$  = 250 MPa  
 $f_u$  = 410 MPa

Tebal Pelat Sambung= 10 mm

Tinggi Pelat Tambah= 324 mm

- Kontrol Jarak Spasi Baut

Berdasarkan SNI 1729-2015 Pasal J3.3 dan J3.5a, dimana jarak spasi baut tidak boleh kurang dari  $2\frac{2}{3} db$  dan tidak boleh lebih dari 15tp namun tidak boleh melebihi 305 mm(untuk struktur yang dicat) Sehingga:

$$2\frac{2}{3}db \text{ mm} < S < 15 \text{ tp}$$

$$21,333 \text{ mm} < S < 150 \text{ mm}$$

Sehingga diambil nilai  $S = 75,6 \text{ mm}$

- Kontrol Jarak Tepi

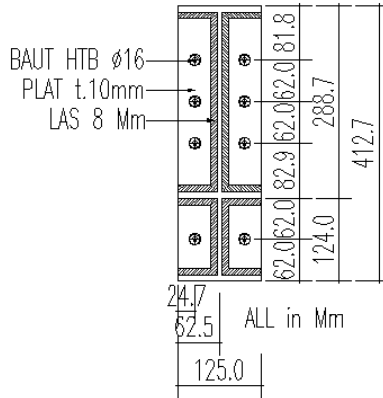
Berdasarkan SNI 1729-2015 Tabel J3.4M, jarak tepi minimum untuk baut dengan diameter 16 adalah 22 mm. Dan berdasarkan Pasal J3.5 jarak maksimum dari pusat setiap baut ke tepi terdekat harus 12tp tetapi tidak boleh melebihi 150 mm

Sehingga :

$$22 \text{ mm} < S1 < 12tp$$

$$22 \text{ mm} < S1 < 120 \text{ mm}$$

Diambil nilai  $S1 = 24,7 \text{ mm}$



**Gambar 4. 41** Rencana Sambungan Balok-Kolom

a. Perhitungan Akibat Geser pada Baut

- Tinjauan terhadap Geser Baut

$$\phi R_n = F_{nv} \cdot A_b$$

*Bab 2.6.6 Persamaan 2.136*

dimana:

$$\begin{aligned} A_b &= 0,25\pi D^2 \\ &= 0,25\pi(16)^2 \\ &= 210,062 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0,75 (372)(210,062) \\ &= 74795,038 \text{ N} \end{aligned}$$

- Tinjauan terhadap Tumpu Baut

$$R_n = 1,2l_c \cdot t \cdot F_u < 2,4d \cdot t \cdot F_u$$

sehingga:

$$\begin{aligned} 1,2l_c \cdot t \cdot F_u &= 1,2(75,6)(10)(410) \\ &= 371952,00 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2,4d \cdot t \cdot F_u &= 2,4(16)(10)(410) \\ &= 157440,00 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\text{Maka dipilih } R_n = 157440,00 \text{ N}$$

Dari tinjauan terhadap geser dengan tinjauan terhadap tumpu diambil nilai  $R_n$  terkecil:

$$R_n = 74795,038 \text{ N}$$

$$\phi = 0,75$$

$$\phi R_n > V_u$$

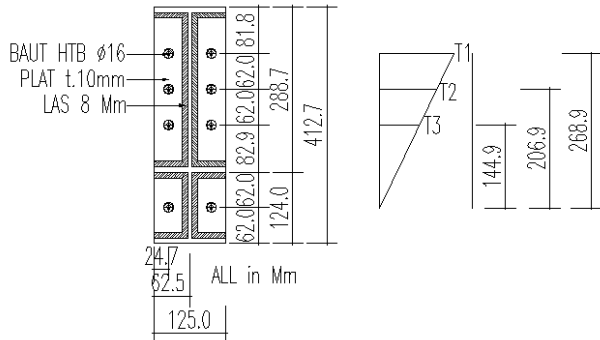
$$0,75(74795,038 \text{ N}) > 27493,1 \text{ N}$$

$$56096,278 \text{ N} > 27493,1 \text{ N}$$

**(Memenuhi)**

### b. Perhitungan Akibat Gaya Momen

$M_u = 49759400 \text{ Nmm}$



- Mengitung Gaya tarik Akibat Momen

$$\begin{aligned}\Sigma d_n^2 &= 268,9^2 + 206,9^2 + 144,9^2 \\ &= 136110,8 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$= 136110,8 \text{ mm}^2$$

$$T_1 = M.d_1 / \Sigma d n^2$$

**Gambar 4. 42** Rencana Susunan Baut Sambungan Balok-Kolom

$$= (49759400)(268,9) / 136110,8$$

$$= 98304,467 \text{ N}$$

$$T_2 = M.d_2 / \Sigma d n^2$$

$$= (49759400)(206,9) / 136110,8$$

$$= 75638,506 \text{ N}$$

$$T_3 = M.d_3/ \Sigma dn^2$$

$$= (49759400)(144,9)/ 136110,8$$

$$= 52972,545 \text{ N}$$

Dari perhitungan di atas maka nilai  $T_n$  yang dipakai adalah yang terbesar:

$$T_n = 98304,467 \text{ N}$$

- Kekuatan Tarik Baut Dihitung

$$\phi R_n = F_{nt} \cdot A_b$$

*Bab 2.6.6 Persamaan 2.137*

dimana:

$$A_b = 0,25\pi D^2$$

$$= 0,25\pi(16)^2$$

$$= 201,062 \text{ mm}^2$$

$$\phi R_n = 0,75 (620)(201,062)$$

$$= 124658,396 \text{ N}$$

$$\phi R_n > T_u$$

$$124658,396 \text{ N} > 98304,467 \text{ N}$$

**(Memenuhi)**

## 2. Perencanaan Sambungan Las Sudut

Apabila direncanakan :

$$\text{Tebal pelat} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Mutu logam pengisi} = \text{FE70xx}$$

$$F_{exx} = 490 \text{ MPa}$$

$$\text{Tebal minimum las} = 6 \text{ mm}$$

*Bab 2.6.6 Tabel 2.29*

$$\text{Tebal maksimum las} = 10 - 2$$

$$= 8 \text{ mm}$$

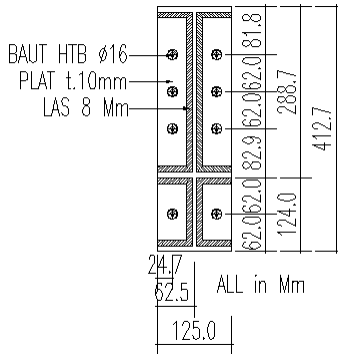
*Bab 2.6.6 Poin 1.d*

$$\text{Diambil las pakai} = 8 \text{ mm}$$

$$\text{Profil yang di las} = \text{WF 250.125.6.9}$$



- Menghitung panjang las



**Gambar 4. 43** Rencana Las Sudut Sambungan  
Balok-Kolom

$$L_w = 2(288,7-2(9))+2(124-2(9))$$

$$= 753,4 \text{ mm}$$

Menghitung luas efektif

$$A_{we} = L_w \times \text{tebal efektif}$$

$$= 753,4 \times 8$$

$$= 6027,2 \text{ mm}^2$$

Tinjauan Ketahanan Las:

- Ketahanan terhadap Las

$$\phi R_n = \phi 0,6 F_{exx} A_{we}$$

$$= (0,75)(0,6)(490)(6027,2)$$

$$= 1328997,600 \text{ N}$$

- Ketahanan terhadap Bahan Dasar

$$\phi R_n = \phi 0,6 F_u A_{we}$$

$$= (0,75)(0,6)(410)(6027,2)$$

$$= 1112018,400 \text{ N}$$

Sehingga dipakai nilai  $\phi R_n$  terkecil yaitu:

$$\phi R_n = 1112018,400 \text{ N}$$

Kontrol :

$$\phi R_n > V_u$$

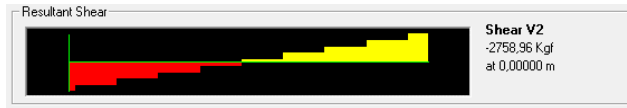
$$1112018,400 \text{ N} > 27493,100 \text{ N}$$

(Memenuhi)

Sambungan Balok-Balok

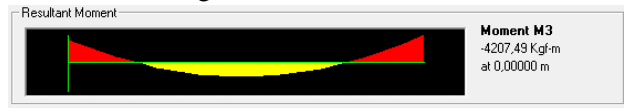
➤ Output SAP

$$V_u = 2758,96 \text{ kg}$$



**Gambar 4. 44** Output SAP 2000 Gaya Geser Sambungan Balok-Balok

$$M_u = 4207,29 \text{ kgm}$$



**Gambar 4. 45** Output SAP 2000 Momen Sambungan Balok-Balok

➤ Perhitungan Sambungan

1. Perencanaan Sambungan Baut

- Data Perencanaan:

Tipe Baut	= A-325
F <sub>nt</sub>	= 620 MPa
F <sub>nv</sub>	= 373 MPa

*Bab 2.6.6 Tabel 2.28*

Diameter Baut	= 16 mm
Diameter Lubang	= 18 mm
Jumlah Baut	= 8
Mutu Pelat Sambung	= BJ-41
f <sub>y</sub>	= 250 MPa
f <sub>u</sub>	= 410 MPa
Tebal Pelat Sambung	= 10 mm
Tinggi Pelat Tambah	= 181,4 mm

- Kontrol Jarak Spasi Baut

Berdasarkan SNI 1729-2015 Pasal J3.3 dan J3.5a, dimana jarak spasi baut tidak boleh kurang dari  $2\frac{2}{3} db$  dan tidak boleh lebih dari  $15tp$  namun tidak boleh melebihi 305 mm. Sehingga:

$$2\frac{2}{3} db \quad \text{mm} < S < 15 tp$$

$$21,333 \text{ mm} < S < 150 \text{ mm}$$

Sehingga diambil nilai  $S = 75,6 \text{ mm}$

- Kontrol Jarak Tepi

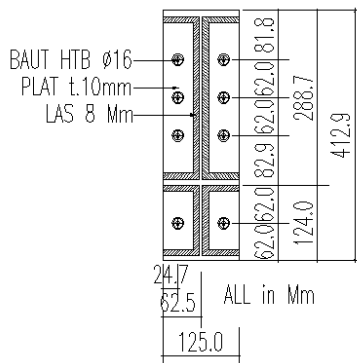
Berdasarkan SNI 1729-2015 Tabel J3.4M, jarak tepi minimum untuk baut dengan diameter 16 adalah 22 mm. Dan berdasarkan Pasal J3.5 jarak maksimum dari pusat setiap baut ke tepi terdekat harus  $12tp$  tetapi tidak boleh melebihi 150 mm

Sehingga :

$$22 \text{ mm} < S1 < 12tp$$

$$22 \text{ mm} < S1 < 120 \text{ mm}$$

Diambil nilai  $S1 = 24,7 \text{ mm}$



**Gambar 4. 46** Rencana Sambungan Balok-Balok

## a. Perhitungan Akibat Geser pada Baut

## - Tinjauan terhadap Geser Baut

$$\phi R_n = F_{nv} A_b$$

*Bab 2.6.6 Persamaan 2.136*

dimana:

$$\begin{aligned} A_b &= 0,25\pi D^2 \\ &= 0,25\pi(16)^2 \\ &= 210,062 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0,75 (372)(210,062) \\ &= 74795,038 \text{ N} \end{aligned}$$

## - Tinjauan terhadap Tumpu Baut

$$R_n = 1,2l_c.t.F_u < 2,4d.t.F_u$$

sehingga:

$$\begin{aligned} 1,2l_c.t.F_u &= 1,2(75,6)(10)(410) \\ &= 371952,00 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2,4d.t.F_u &= 2,4(16)(10)(410) \\ &= 157440,00 \text{ N} \end{aligned}$$

Maka dipilih  $R_n = 157440,00 \text{ N}$

Dari tinjauan terhadap geser dengan tinjauan terhadap tumpu diambil nilai  $R_n$  terkecil:

$$R_n = 74795,038 \text{ N}$$

$$\phi = 0,75$$

$$\phi R_n > V_u$$

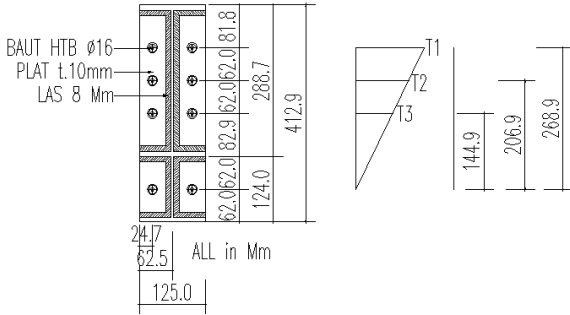
$$0,75(74795,038 \text{ N}) > 27589,6 \text{ N}$$

$$56096,278 \text{ N} > 27589,6 \text{ N}$$

**(Memenuhi)**

### b. Perhitungan Akibat Gaya Momen

$M_u = 42072900 \text{ Nmm}$



**Gambar 4. 47** Rencana Susunan Baut Sambungan Balok-Balok

- Mengitung Gaya tarik Akibat Momen

$$\begin{aligned}\Sigma d_n^2 &= 268,9^2 + 206,9^2 + 144,9^2 \\ &= 136110,8 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_1 &= M \cdot d_1 / \Sigma d n^2 \\ &= (42072900)(268,9) / 136110,8 \\ &= 83119,049 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_2 &= M \cdot d_2 / \Sigma d n^2 \\ &= (42072900)(206,9) / 136110,8 \\ &= 63954,375 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_3 &= M \cdot d_3 / \Sigma d n^2 \\ &= (42072900)(144,9) / 136110,8 \\ &= 44789,700 \text{ N} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas maka nilai  $T_n$  yang dipakai adalah yang terbesar:

$$T_n = 83119,049 \text{ N}$$

- Kekuatan Tarik Baut Dihitung

$$\phi Rn = \text{Fnt.Ab}$$

dimana:

$$\begin{aligned}
 A_b &= 0,25\pi D^2 \\
 &= 0,25\pi(16)^2 \\
 &= 201,062 \text{ mm}^2 \\
 \phi R_n &= 0,75 (620)(201,062) \\
 &= 124658,396 \text{ N} \\
 \phi R_n &> T_u \\
 124658,396 \text{ N} &> 83119,049 \text{ N}
 \end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

## 2. Perencanaan Sambungan Las Sudut

Apabila direncanakan :

Tebal pelat = 10 mm  
 Mutu logam pengisi = FE70xx  
 F<sub>exx</sub> = 490 MPa  
 Tebal minimum las = 6 mm

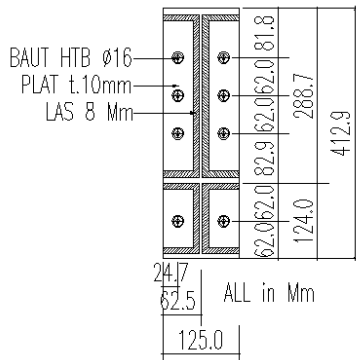
*Bab 2.6.6 Tabel 2.29*

Tebal maksimum las = 10 – 2  
 = 8 mm

*Bab 2.6.6 Poin 1.d*

Diambil las pakai = 8 mm

Profil yang di las = WF 250.125.6.9



**Gambar 4. 48 Rencana Las Sudut Sambungan Balok-Balok**

- Menghitung panjang las

$$\begin{aligned} L_w &= 2(288,7-2(9))+2(124-2(9)) \\ &= 753,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

Menghitung luas efektif

$$\begin{aligned} A_{we} &= L_w \times \text{tebal efektif} \\ &= 753,4 \times 8 \\ &= 6027,2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tinjauan Ketahanan Las:

- Ketahanan terhadap Las

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi 0,6 F_{exx} A_{we} \\ &= (0,75)(0,6)(490)(6027,2) \\ &= 1328997,600 \text{ N} \end{aligned}$$

- Ketahanan terhadap Bahan Dasar

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi 0,6 F_u A_{we} \\ &= (0,75)(0,6)(410)(6027,2) \\ &= 1112018,400 \text{ N} \end{aligned}$$

Sehingga dipakai nilai  $\phi R_n$  terkecil yaitu:

$$\phi R_n = 1112018,400 \text{ N}$$

Kontrol :

$$\phi R_n > V_u$$

$$1112018,400 \text{ N} > 27589,600 \text{ N}$$

**(Memenuhi)**

### 4.3 Pembebanan Struktur

#### 4.3.1 Pembebanan Pelat

Pembebanan Struktur pelat merupakan komponen struktur sekunder dengan syarat mengalami kehancuran lebih awal daripada komponen struktur primer. Perhitungan komponen struktur pelat lantai atau pelat atap direncanakan, dibebankan dan dihitung sendiri.

Pembebanan yang terdapat pada komponen struktur pelat disesuaikan dengan SNI 1727-2013 serta brosur-brosur yang ada dipasaran. Karena struktur pelat merupakan salah satu komponen sekunder maka direncanakan hanya menerima beban mati [DL] dan beban hidup [LL] dengan menggunakan kombinasi pembebanan yang sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 9.2.1, yaitu  $1,2DL + 1,6LL$ .

##### ➤ Beban Mati pada Pelat Lantai

Spesi per cm tebal (1cm )	= 21	kg/m <sup>2</sup>
Berat Sendiri Pelat	= 288	kg/m <sup>2</sup>
Keramik per cm tebal (1cm)	= 16,5	kg/m <sup>2</sup>
Pemipaan air bersih dan air kotor	= 25	kg/m <sup>2</sup>
Plafond Kalsiboard 4.5(1.2mx2.4m)	= 6,389	kg/m <sup>2</sup>
Pertisi Plafond Kalsipart 8 (1.2mx2.4m)	= 11,667	kg/m <sup>2</sup>
Instalasi Listrik AC dll	= 40	kg/m <sup>2</sup>
Total Beban Mati Pelat Lantai	= 408,556	kg/m <sup>2</sup>

##### ➤ Beban Mati pada Pelat Atap

Berat Sendiri Pelat	= 288	kg/m <sup>2</sup>
Pemipaan Air Bersih dan Air Kotor	= 25	kg/m <sup>2</sup>
Plafond Kalsiboard 4.5 (1.2mx2.4m)	= 6,389	kg/m <sup>2</sup>
Pertisi Plafond Kalsipart 8 (1.2mx2.4m)	= 11,667	kg/m <sup>2</sup>
Instalasi Listrik AC dll	= 40	kg/m <sup>2</sup>
Total Beban Mati Pelat Atap	= 371,056	kg/m <sup>2</sup>

##### ➤ Beban Hidup pada Pelat Lantai

##### - Beban Hidup Lantai 1

Lobi	= 479	kg/m <sup>2</sup>
Koridor Lantai 1	= 479	kg/m <sup>2</sup>



- Beban Hidup Lantai 2
  - Ruang Kantor = 240 kg/m<sup>2</sup>
  - Ruang Rapat = 479 kg/m<sup>2</sup>
  - Ruang lain-lain = 192 kg/m<sup>2</sup>
  - Koridor Lantai 2 = 383 kg/m<sup>2</sup>
- Beban Hidup Lantai 3
  - Ruang Kuliah (R. Kelas) = 192 kg/m<sup>2</sup>
  - Ruang lain lain = 192 kg/m<sup>2</sup>
  - Koridor Lantai 3 = 383 kg/m<sup>2</sup>
- Beban Hidup Lantai 4
  - Laboratorium = 287 kg/m<sup>2</sup>
  - Ruang lain lain = 192 kg/m<sup>2</sup>
  - Koridor Lantai 4 = 383 kg/m<sup>2</sup>
- Beban Hidup Lantai 5
  - Laboratorium = 287 kg/m<sup>2</sup>
  - Ruang lain lain = 192 kg/m<sup>2</sup>
  - Koridor Lantai 5 = 383 kg/m<sup>2</sup>
- Beban Hidup Lantai 6
  - Ruang Kuliah = 192 kg/m<sup>2</sup>
  - Ruang lain lain = 192 kg/m<sup>2</sup>
  - Koridor Lantai 6 = 383 kg/m<sup>2</sup>
- Beban Hidup Pelat Atap = 96 kg/m<sup>2</sup>
- Beban Dinding
 

Bata ringan citicon (600 kg/m <sup>3</sup> x 0.1 m)	= 60	kg/m <sup>2</sup>
Plester D200 (20 kg/m <sup>2</sup> /10mm x 4 cm)	= 80	kg/m <sup>2</sup>
Acian NP S450 (3 kg/m <sup>2</sup> /2mm x 2 cm)	<u>= 6</u>	<u>kg/m<sup>2</sup></u>
Total Beban Dinding	146	kg/m <sup>2</sup>

Perhitungan :

  - Beban Dinding Lantai 1 = H<sub>1</sub> x Total Beban Dinding  
 = 5,200 m x 146 kg/m<sup>2</sup>  
 = 759,200 kg/m'
  - Beban Dinding Lantai 2 = H<sub>2</sub> x Total Beban Dinding  
 = 4,2 m x 146 kg/m<sup>2</sup>

- = 613,200 kg/m'
- Beban Dinding Lantai 3 =  $H_3 \times \text{Total Beban Dinding}$   
= 4,2 m x 146 kg/m<sup>2</sup>  
= 613,200 kg/m'
- Beban Dinding Lantai 4 =  $H_4 \times \text{Total Beban Dinding}$   
= 4,2 m x 146 kg/m<sup>2</sup>  
= 613,200 kg/m'
- Beban Dinding Lantai 5 =  $H_5 \times \text{Total Beban Dinding}$   
= 4,2 m x 146 kg/m<sup>2</sup>  
= 613,200 kg/m'
- Beban Dinding Lantai 6 =  $H_6 \times \text{Total Beban Dinding}$   
= 4,2 m x 146 kg/m<sup>2</sup>  
= 613,200 kg/m'

#### 4.3.2 Pembebanan Tangga dan Bordes

##### ➤ Pembebanan Pelat Tangga

- Beban Hidup Tangga  
Tangga dan Bordes  
$$\frac{133\text{kg} \times 11}{3,8\text{m} \times 1,8\text{m}} = 213,889 \text{ kg/m}^2$$
- Beban Mati Tangga
  - Spesi per cm tebal (1cm) = 21 kg/m<sup>2</sup>
  - Berat Sendiri Pelat = 288 kg/m<sup>2</sup>
  - Berat Sendiri Anak Tangga = 94,5 kg/m<sup>2</sup>
  - Keramik per cm tebal (1cm) = 16,5 kg/m<sup>2</sup>
  - Total Beban Mati Tangga = 420 kg/m<sup>2</sup>
- Beban Dinding (Ralling)
  - Bata ringan citicon (600 kg/m<sup>3</sup> x 0.1 m) = 60 kg/m<sup>2</sup>
  - Plester D200 (20 kg/m<sup>2</sup>/10mm x 4 cm) = 80 kg/m<sup>2</sup>
  - Acian NP S450 (3 kg/m<sup>2</sup>/2mm x 2 cm) = 6 kg/m<sup>2</sup>
  - Total Beban Railling = 146 kg/m<sup>2</sup>
  - Tinggi Dinding = 1 m

Perhitungan:

Total Beban Railing x Tinggi Dinding

$$= 146 \text{ kg/m}^2 \times 1 \text{ m} = 146 \text{ kg/m'}$$

Di jadikan Beban Titik Tiap Anak Tangga 0,3 m

$$= 146 \text{ kg/ m' } \times 0,3 \text{ m} = 43,8 \text{ kg}$$

➤ **Pembebanan Pelat Bordes**

- Beban Hidup Bordes

$$\text{Tangga dan Bordes} = 133 \text{ kg}$$

$$\frac{133 \text{ kg} \times 11}{3,8 \text{ m} \times 1,8 \text{ m}} = 213,889 \text{ kg/m}^2$$

- Beban Mati (Bordes)

$$\text{Spesi per cm tebal ( 1cm )} = 21 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat Sendiri Pelat} = 288 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Keramik per cm tebal (1cm)} = \underline{16,5 \text{ kg/m}^2}$$

$$\text{Total Beban Mati Bordes} = 325,5 \text{ kg/m}^2$$

- Beban Dinding (Ralling)

$$\text{Bata ringan citicon (600 kg/m}^3 \times 0.1 \text{ m)} = 60 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Plester D200 (20 kg/m}^2/10\text{mm} \times 4 \text{ cm)} = 80 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Acian NP S450 (3 kg/m}^2/2\text{mm} \times 2 \text{ cm)} = \underline{6 \text{ kg/m}^2}$$

$$\text{Total Beban Ralling} = 146 \text{ kg/m}^2$$

Total Beban Railing x Tinggi Dinding

$$= 146 \text{ kg/m}^2 \times 1 \text{ m} = 146 \text{ kg/m'}$$

Di jadikan Beban Titik Tiap Anak Tangga 0,6 m

$$= 146 \text{ kg/ m' } \times 0,6 \text{ m} = 87,6 \text{ kg}$$

#### 4.3.3 Pembebanan Angin

Berdasarkan pembebanan angin SNI 1727-2013, terdapat empat prosedur dalam menentukan beban angin untuk SPBAU (Sistem Penahan Beban Angin Utama). Prosedur tersebut antara lain: Prosedur pengarah untuk bangunan dari semua ketinggian, prosedur amplop untuk bangunan bertingkat rendah, prosedur pengarah untuk perlengkapan bangunan, dan prosedur terowongan angin.

Berikut perhitungan pembebanan angin untuk bangunan gedung ini:

➤ Data Perencanaan

Fungsi Bangunan = Gedung Perkuliahan

Tinggi Bangunan = 32,52 m

Panjang Bangunan = 27,6 m

Lebar Bangunan = 18 m

Tinggi Lantai = 4,2 m

➤ Kategori Bangunan Gedung

Termasuk bangunan tertutup karena tidak memenuhi persyaratan untuk bangunan gedung terbuka atau tertutup sebagian.

➤ Perhitungan:

a. Kategori Resiko Bangunan Gedung

Berdasarkan fungsi bangunan sebagai Gedung Perkuliahan, bangunan termasuk dalam kategori resiko IV.

*Bab 2.3.3 Tabel 2.1*

b. Kecepatan Angin Dasar

Sesuai prakiraan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

$V = 30 \text{ km/jam}$

$= 8,333 \text{ m/s}$

c. Parameter Beban Angin

Faktor angin

$K_d = 0,85$

*Bab 2.3.3 Tabel 2.2*

Kategori eksposur

Exposur = B

*Bab 2.3.3 Poin 3.(b)*

Faktor topografi

$$K_{zt} = 1$$

*Bab 2.3.3 Poin 3.(c) dan Tabel 2.3*

Faktor efek tipuan angin

$$G = 0,85$$

*Bab 2.3.3 Poin 3.(d)*

Klasifikasi ketertutupan

Termasuk Bangunan tertutup

*Bab 2.3.3 Poin 3.(e)*

Koefisien Tekanan Internal

$$G_{cpi} = 0,18$$

$$= -0,18$$

*Bab 2.3.3 Poin 3.(f) dan Tabel 2.4*

d. Koefisien Ekspour Tekanan Velositas

$$z = 19,512$$

$$\alpha = 7$$

$$Z_g = 365,76 \text{ m}$$

*Bab 2.3.3 Poin 4 dan Tabel 2.5*

Koefisien Eksposur  $K_h$

Interpolasi  $z$  (m)

18	0,85
19,512	$K_h$
21,3	0,89

$$K_h = 0,85 + \left( \frac{19,512 - 18}{21,3 - 18} \times (0,89 - 0,85) \right)$$

$$K_h = 0,868$$

Koefisien Eksposur  $K_z$

$$K_z = 2,01 \left( z / z_g \right)^{2/a}$$

*Bab 2.3.3 Poin 4 Persamaan 2.3*

$$K_z = 2,01 (19,512/365,76)^{2/7}$$

$$= 0,869$$

e. Tekanan Velositas

$$q_z = 0,613 K_z K_{zt} K_d V^2$$

*Bab 2.3.3 Poin 5 Persamaan 2.5*

$$q_z = 0,613 \times 0,869 \times 1 \times 0,85 \times 69,444$$

$$= 31,479 \text{ N/m}^2$$

$$= 3,148 \text{ Kg/m}^2$$

$$q_h = 0,613 K_h K_{zt} K_d V^2$$

*Bab 2.3.3 Poin 5 Persamaan 2.5*

$$q_h = 0,613 \times 0,868 \times 1 \times 0,85 \times 69,444$$

$$= 31,419 \text{ N/m}^2$$

$$= 3,142 \text{ Kg/m}^2$$

f. Koefisien Tekanan Eksternal

L = Dimensi horizontal bangunan gedung, diukur tegak lurus terhadap arah angin  
= 27,6 m

B = Dimensi horizontal bangunan gedung, diukur sejajar terhadap arah angin  
= 18 m

Koefisien tekanan dinding (Cp)

**Tabel 4. 1** Koefisien Tekanan Dinding

Permukaan	L/B	Cp	q
Dinding sisi angin datang	0,652	0,8	qz
Dinding sisi angin pergi	0,652	-0,5	qh
Dinding tepi	0,652	-0,7	qh

g. Tekanan Angin

$$p = q_{GCp} - q_i(GC_{pi})$$

*Bab 2.3.3 Poin 7 Persamaan 2.6*

➤ Dinding sisi angin datang

$$\begin{aligned} p &= q_{GCp} - q_i(GC_{pi}) \\ &= 3,148 \times 0,85 \times 0,8 - (0 \times 0,18) \\ &= 2,141 \text{ Kg/m}^2 \end{aligned}$$

➤ Dinding sisi angin pergi

$$\begin{aligned} p &= q_{GCp} - q_i(GC_{pi}) \\ &= 3,142 \times 0,85 \times (-0,5) - (0 \times 0,18) \\ &= -1,335 \text{ Kg/m}^2 \end{aligned}$$

➤ Dinding tepi

$$\begin{aligned} p &= q_{GCp} - q_i(GC_{pi}) \\ &= 3,142 \times 0,85 \times (-0,7) - (0 \times 0,18) \\ &= -1,869 \text{ Kg/m}^2 \end{aligned}$$

**Tabel 4. 2** Beban Angin per Kolom

Permukaan	Letak Kolom	Bentang Dinding	Beban Angin (kg/m)
Dinding di sisi angin datang (depan)	A (Tepi)	2,4	4,49
	B	6	12,84
	C	5,4	11,56
	D	5,4	11,56
	E	6	12,84
	F (Tepi)	2,4	4,49
Dinding di sisi angin pergi (belakang)	A (Tepi)	2,4	4,49
	B	6	6,31
	C	5,4	5,68
	D	5,4	5,68
	E	6	6,31
	F (Tepi)	2,4	4,49
Dinding di sisi angin pergi (samping kiri & kanan)	1 (Tepi)	4,8	8,97
	2	5,4	5,68
	3	5,4	5,68
	4 (Tepi)	4,8	8,97



#### 4.3.4 Pembebanan Gempa

Pada perhitungan beban gempa struktur, ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan, termasuk pengecekan terhadap kategori gedung tersebut. Perhitungan beban gempa dilakukan dengan cara Statik Ekuivalen.

Berikut perhitungan pembebanan beban gempa :

##### a. Klasifikasi Situs

Jenis kategori tanah dibedakan menjadi 3, yaitu tanah keras, tanah sedang, dan tanah lunak. Jenis tanah yang digunakan merupakan Tanah Sedang berdasarkan perhitungan menggunakan perhitungan data tanah SPT seperti berikut :

**Tabel 4. 3** Perhitungan Klasifikasi Situs

	di	Ni	$\frac{di}{Ni}$
d1	3	4,00	0,750
d2	4,5	23,33	0,193
d3	1,5	32	0,047
d4	6,5	34,5	0,188
d5	2,5	47	0,053
d6	5,5	42	0,131
d7	6,5	50	0,130
$\Sigma$	30		1,492

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n di}{\sum_{i=1}^n \frac{di}{ni}}$$

$$\bar{N} = 20,103$$

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai  $\bar{N} = 20,103$  maka tergolong dalam situs SD (tanah sedang) karena  $1 > \bar{N} > 50$ .

*Bab 2.3.4 Tabel 2.11*

b. Faktor Percepatan Batuan Dasar

Parameter  $S_1$  (percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan  $S_s$  (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respons spektral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik dengan kemungkinan 10 persen terlampaui dalam 50 tahun (MCER, 10 persen dalam 50 tahun), dan dinyatakan dalam bilangan desimal terhadap percepatan gravitasi.

Diperoleh nilai :

$$S_s = 0,25 \text{ g}$$

*Bab 2.3.4 Gambar 2.2*

$$S_1 = 0,05 \text{ g}$$

*Bab 2.3.4 Gambar 2.3*

c. Faktor Koefisien Situs ( $F_a$ ,  $F_v$ ) dan Parameter Respon ( $S_{MS}$ ,  $S_{M1}$ )

$$S_s = 0,25 \text{ maka nilai } F_a = 1,6$$

*Bab 2.3.4 Tabel 2.12*

$$S_1 = 0,05 \text{ maka nilai } F_v = 2,4$$

*Bab 2.3.4 Tabel 2.13*

Parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek ( $S_{MS}$ )

$$S_{MS} = S_s \cdot F_a$$

*Bab 2.3.4 Persamaan 2.6*

$$\begin{aligned} S_{MS} &= 0,25 \times 1,6 \\ &= 0,400 \end{aligned}$$

Parameter spektrum respons percepatan pada periode 1 ( $S_{M1}$ )

$$S_{M1} = S_1 \cdot F_v$$

*Bab 2.3.4 Persamaan 2.7*

$$\begin{aligned} S_{M1} &= 0,05 \times 2,4 \\ &= 0,120 \end{aligned}$$

d. Parameter Percepatan Desain ( $S_{D1}$ ,  $S_{Ds}$ )

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek ( $S_{Ds}$ )

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS}$$

*Bab 2.3.4 Persamaan 2.8*

$$\begin{aligned} S_{DS} &= \frac{2}{3} (0,400) \\ &= 0,267 \end{aligned}$$

Parameter percepatan spektral desain untuk perioda 1 detik ( $S_{D1}$ )

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1}$$

*Bab 2.3.4 Persamaan 2.9*

$$\begin{aligned} S_{D1} &= \frac{2}{3} (0,120) \\ &= 0,080 \end{aligned}$$

e. Faktor Keutamaan Gempa (I)

Gedung ini termasuk dalam kategori risiko IV dan didapatkan faktor keutamaan gempa ( $I_e$ ) = 1,5

*Bab 2.3.4 Tabel 2.10*

f. Menentukan Kategori Desain Seismik (KDS)

Karena nilai  $S_{DS}$  didapatkan sebesar 0,267, dan gedung memiliki kategori risiko IV, maka gedung ini tergolong dalam kategori desain seismik C.

*Bab 2.3.4 Tabel 2.14*

Karena nilai  $S_{D1}$  didapatkan sebesar 0,080, dan gedung memiliki kategori risiko IV, maka gedung ini tergolong dalam kategori desain seismik C.

*Bab 2.3.4 Tabel 2.14*

Maka termasuk dalam KDS C, sehingga bisa dihitung dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).

g. Menentukan Parameter Struktur (nilai R, dan  $C_d$ )

Karena bangunan beton dengan menggunakan sistem rangka pemikul momen menengah maka nilai  $R = 5$ , sedangkan nilai  $C_d = 4 \frac{1}{2}$

*Bab 2.3.4 Tabel 2.16*

h. Periode Fundamental Pendekatan ( $T_a$ )

$$T_a = C_t \cdot h_n^x$$

dimana:

Koefisien  $C_t$  = 0,0466 (karena rangka beton pemikul momen)

Koefisien  $x$  = 0,9

$h_n$  = 32,52 m

Sehingga :

$$\begin{aligned} T_a &= (0,0466)(32,52^{0,9}) \\ &= 1,070 \end{aligned}$$

i. Koefisien Respon Seismik ( $C_s$ )

$$C_s = \left( \frac{S_{DS}}{R/I} \right)$$

*Bab 2.3.4 Persamaan 2.14*

$$C_s = \left( \frac{0,267}{5/1,5} \right)$$

$$C_s = 0,0800$$

Nilai  $C_s$  tidak perlu melebihi:

$$C_s \text{ maks} = \frac{S_{D1}}{T \left( \frac{R}{I} \right)}$$

$$C_s \text{ maks} = \frac{0,080}{1,070 \left( \frac{5}{1,5} \right)}$$

$$C_s \text{ maks} = 0,0224$$

Nilai  $C_s$  tidak boleh kurang dari:

$$C_s \text{ min} = 0,044 S_{DS} I \geq 1$$

$$= 0,044(0,267)(1,5) \geq 1$$

$$= 0,018 \geq 1 \text{ (Oke)}$$

- j. Menentukan Berat Per Lantai (W)

**Tabel 4. 4** Berat Struktur Per Lantai

Rekapitulasi Berat Bangunan		
	Ketinggian (m)	Berat Total (kg)
W0	0,00	5.184,0000
W1	0,50	208.454,2463
W2	5,70	729.588,3345
W3	9,90	697.009,0755
W4	14,10	715.029,3255
W5	18,30	695.978,1255
W6	22,50	655.610,7255
W7	26,70	280.008,8473
W8	29,70	63.637,1698
W9	32,7	14.503,6165
Berat Total (Wt)		4.065.003,467

- k. Menentukan Beban Geser Dasar Seismik (V)

$$V = C_s \cdot W_t$$

dimana:

$$C_s = 0,0224$$

maka :

$$\begin{aligned} V &= 0,0224 \times 4.065.003,467 \text{ kg} \\ &= 91190,7 \text{ kg} \end{aligned}$$

- l. Menentukan Eksentrisitas Bangunan

Eksentrisitas suatu bangunan dihitung dari jumlah dan letak kolom per lantainya. Data yang kita perlukan yakni luas penampang kolom, serta letak kolom dalam bentuk jarak ke sumbu x ataupun sumbu y.

**Tabel 4. 5 Kekakuan Kolom**

Kolom										
No	Ty pe			Berat	Xo	Yo	W.x	W.y	Xa	Ya
		b	h	(W)	(X)	(Y)				
		(m)	(m)	(kg)	(m)	(m)	(kg.m)	(kg.m)	(m)	(m)
1	K 60/ 60	0,6	0,6	3629	3,6	3,6	13064	13064	17,4	12,6
2		0,6	0,6	3629	8,4	3,6	30482	13064		
3		0,6	0,6	3629	15,6	3,6	56609	13064		
4		0,6	0,6	3629	19,2	3,6	69673	13064		
5		0,6	0,6	3629	26,4	3,6	95800	13064		
6		0,6	0,6	3629	31,2	3,6	113219	13064		
7		0,6	0,6	3629	3,6	10,8	13064	39191		
8		0,6	0,6	3629	8,4	10,8	30482	39191		
9		0,6	0,6	3629	15,6	10,8	56609	39191		
10		0,6	0,6	3629	19,2	10,8	69673	39191		
11		0,6	0,6	3629	26,4	10,8	95800	39191		
12		0,6	0,6	3629	31,2	10,8	113219	39191		
13		0,6	0,6	3629	3,6	14,4	13064	52255		
14		0,6	0,6	3629	8,4	14,4	30482	52255		
15		0,6	0,6	3629	15,6	14,4	56609	52255		
16		0,6	0,6	3629	19,2	14,4	69673	52255		
17		0,6	0,6	3629	26,4	14,4	95800	52255		
18		0,6	0,6	3629	31,2	14,4	113219	52255		
19		0,6	0,6	3629	3,6	21,6	13064	78382		
20		0,6	0,6	3629	8,4	21,6	30482	78382		
21		0,6	0,6	3629	15,6	21,6	56609	78382		
22		0,6	0,6	3629	19,2	21,6	69673	78382		
23		0,6	0,6	3629	26,4	21,6	95800	78382		
24		0,6	0,6	3629	31,2	21,6	113219	78382		

## m. Gaya Gempa Per Lantai

**Tabel 4. 6** Gaya Gempa Per Lantai

Lantai	hx	Wx	Wx. hx <sup>k</sup>	CVx	Fi	ex	ey
	m	kg			kg		
W0	0	5.184,0000	0,00	0,000	0,0	0,00	0,00
W1	0,5	208.454,246	85548,1	0,001	59,2	0,98	0,93
W2	5,7	729.588,334	6826400,6	0,052	4721,4	0,46	0,42
W3	9,9	697.009,075	13260294,1	0,101	9168,7	0,42	0,20
W4	14,1	715.029,325	21428023,4	0,162	14816,2	0,42	0,20
W5	18,3	695.978,125	29157362,6	0,221	20160,5	0,42	0,20
W6	22,5	655.610,725	35817617,0	0,272	24765,7	0,42	0,20
W7	26,7	280.008,847	19060273,0	0,145	13179,0	0,23	0,12
W8	29,7	63.637,169	4966949,4	0,038	3434,3	0,15	0,05
W9	32,7	14.503,616	1281013,8	0,010	885,7	2,03	1,20
Total		4.065.003,467	131885481,9				

**Tabel 4. 7** Gaya Gempa Per Lantai

Lantai	Mx	My
W0	0,000	0,000
W1	58,253	55,012
W2	2185,029	2006,478
W3	3886,160	1806,595
W4	6279,855	2919,374
W5	8545,073	3972,426
W6	10496,976	4879,826
W7	3094,536	1620,463
W8	501,178	169,725
Total	1801,971	1064,746

n. Gaya Gempa Per Kolom

**Tabel 4. 8** Gaya Gempa Per Kolom Lantai 0-Lantai 2

No	As	x	y	Fx (Kg)	Fy (Kg)	Fx (Kg)	Fy (Kg)	Fx (Kg)	Fy (Kg)
		m	m	Lt 0	Lt 0	Lt 1	Lt 1	Lt 2	Lt 2
1	As-A1	3,6	3,6	0,0	0,0	2,1	2,0	183,044	178,862
2	As-B1	8,4	3,6	0,0	0,0	2,2	2,0	187,777	178,862
3	As-C1	15,6	3,6	0,0	0,0	2,4	2,0	194,936	178,862
4	As-D1	19,2	3,6	0,0	0,0	2,5	2,0	198,516	178,862
5	As-E1	26,4	3,6	0,0	0,0	2,7	2,0	205,675	178,862
6	As-F1	31,2	3,6	0,0	0,0	2,8	2,0	210,448	178,862
7	As-A2	3,6	10,8	0,0	0,0	2,1	2,4	183,044	193,153
8	As-B2	8,4	10,8	0,0	0,0	2,2	2,4	187,777	193,153
9	As-C2	15,6	10,8	0,0	0,0	2,4	2,4	194,936	193,153
10	As-D2	19,2	10,8	0,0	0,0	2,5	2,4	198,516	193,153
11	As-E2	26,4	10,8	0,0	0,0	2,7	2,4	205,675	193,153
12	As-F2	31,2	10,8	0,0	0,0	2,8	2,4	210,448	193,153
13	As-A3	3,6	14,4	0,0	0,0	2,1	2,6	183,044	200,299
14	As-B3	8,4	14,4	0,0	0,0	2,2	2,6	187,777	200,299
15	As-C3	15,6	14,4	0,0	0,0	2,4	2,6	194,936	200,299
16	As-D3	19,2	14,4	0,0	0,0	2,5	2,6	198,516	200,299
17	As-E3	26,4	14,4	0,0	0,0	2,7	2,6	205,675	200,299
18	As-F3	31,2	14,4	0,0	0,0	2,8	2,6	210,448	200,299
19	As-A4	3,6	21,6	0,0	0,0	2,1	3,0	183,044	214,590
20	As-B4	8,4	21,6	0,0	0,0	2,2	3,0	187,777	214,590
21	As-C4	15,6	21,6	0,0	0,0	2,4	3,0	194,936	214,590
22	As-D4	19,2	21,6	0,0	0,0	2,5	3,0	198,516	214,590
23	As-E4	26,4	21,6	0,0	0,0	2,7	3,0	205,675	214,590
24	As-F4	31,2	21,6	0,0	0,0	2,8	3,0	210,448	214,590



**Tabel 4. 9** Gaya Gempa Per Kolom Lantai 3-Lantai 4

No	As	x	y	Fx (Kg)	Fy (Kg)	Fx (Kg)	Fy (Kg)
		m	m	Lt 3	Lt 3	Lt 4	Lt 4
1	As-A1	3,6	3,6	357,623	365,944	577,903	591,349
2	As-B1	8,4	3,6	366,112	365,944	591,620	591,349
3	As-C1	15,6	3,6	378,845	365,944	612,196	591,349
4	As-D1	19,2	3,6	385,212	365,944	622,484	591,349
5	As-E1	26,4	3,6	397,945	365,944	643,061	591,349
6	As-F1	31,2	3,6	406,434	365,944	656,778	591,349
7	As-A2	3,6	10,8	357,623	378,812	577,903	612,142
8	As-B2	8,4	10,8	366,112	378,812	591,620	612,142
9	As-C2	15,6	10,8	378,845	378,812	612,196	612,142
10	As-D2	19,2	10,8	385,212	378,812	622,484	612,142
11	As-E2	26,4	10,8	397,945	378,812	643,061	612,142
12	As-F2	31,2	10,8	406,434	378,812	656,778	612,142
13	As-A3	3,6	14,4	357,623	385,245	577,903	622,539
14	As-B3	8,4	14,4	366,112	385,245	591,620	622,539
15	As-C3	15,6	14,4	378,845	385,245	612,196	622,539
16	As-D3	19,2	14,4	385,212	385,245	622,484	622,539
17	As-E3	26,4	14,4	397,945	385,245	643,061	622,539
18	As-F3	31,2	14,4	406,434	385,245	656,778	622,539
19	As-A4	3,6	21,6	357,623	398,113	577,903	643,332
20	As-B4	8,4	21,6	366,112	398,113	591,620	643,332
21	As-C4	15,6	21,6	378,845	398,113	612,196	643,332
22	As-D4	19,2	21,6	385,212	398,113	622,484	643,332
23	As-E4	26,4	21,6	397,945	398,113	643,061	643,332
24	As-F4	31,2	21,6	406,434	398,113	656,778	643,332

**Tabel 4. 10** Gaya Gempa Per Kolom Lantai 5-Lantai 6

No	As	x	y	Fx (Kg)	Fy (Kg)	Fx (Kg)	Fy (Kg)
		m	m	Lt 5	Lt 5	Lt 6	Lt 6
1	As-A1	3,6	3,6	786,359	804,655	965,982	988,458
2	As-B1	8,4	3,6	805,024	804,655	988,912	988,458
3	As-C1	15,6	3,6	833,023	804,655	1023,305	988,458
4	As-D1	19,2	3,6	847,022	804,655	1040,502	988,458
5	As-E1	26,4	3,6	875,020	804,655	1074,896	988,458
6	As-F1	31,2	3,6	893,686	804,655	1097,825	988,458
7	As-A2	3,6	10,8	786,359	832,949	965,982	1023,215
8	As-B2	8,4	10,8	805,024	832,949	988,912	1023,215
9	As-C2	15,6	10,8	833,023	832,949	1023,305	1023,215
10	As-D2	19,2	10,8	847,022	832,949	1040,502	1023,215
11	As-E2	26,4	10,8	875,020	832,949	1074,896	1023,215
12	As-F2	31,2	10,8	893,686	832,949	1097,825	1023,215
13	As-A3	3,6	14,4	786,359	847,096	965,982	1040,593
14	As-B3	8,4	14,4	805,024	847,096	988,912	1040,593
15	As-C3	15,6	14,4	833,023	847,096	1023,305	1040,593
16	As-D3	19,2	14,4	847,022	847,096	1040,502	1040,593
17	As-E3	26,4	14,4	875,020	847,096	1074,896	1040,593
18	As-F3	31,2	14,4	893,686	847,096	1097,825	1040,593
19	As-A4	3,6	21,6	786,359	875,389	965,982	1075,350
20	As-B4	8,4	21,6	805,024	875,389	988,912	1075,350
21	As-C4	15,6	21,6	833,023	875,389	1023,305	1075,350
22	As-D4	19,2	21,6	847,022	875,389	1040,502	1075,350
23	As-E4	26,4	21,6	875,020	875,389	1074,896	1075,350
24	As-F4	31,2	21,6	893,686	875,389	1097,825	1075,350

**Tabel 4. 11** Gaya Gempa Per Kolom Lantai Atap

No	As	x	y	Fx (kg)	Fy (kg)
		(m)	(m)	Lt. Atap	Lt. Atap
1	As-A1	3,6	3,6	349,747	358,680
2	As-B1	8,4	3,6	355,429	358,680
3	As-C1	15,6	3,6	363,953	358,680
4	As-D1	19,2	3,6	368,215	358,680
5	As-E1	26,4	3,6	376,738	358,680
6	As-F1	31,2	3,6	382,420	358,680
7	As-A2	3,6	10,8	349,747	364,603
8	As-B2	8,4	10,8	355,529	364,603
9	As-C2	15,6	10,8	376,738	364,603
10	As-D2	19,2	10,8	382,420	364,603
11	As-E2	26,4	10,8		
12	As-F2	31,2	10,8		
13	As-A3	3,6	14,4	349,747	367,564
14	As-B3	8,4	14,4	355,429	367,564
15	As-C3	15,6	14,4	376,738	367,564
16	As-D3	19,2	14,4	382,420	367,564
17	As-E3	26,4	14,4		
18	As-F3	31,2	14,4		
19	As-A4	3,6	21,6	349,747	373,487
20	As-B4	8,4	21,6	355,429	373,487
21	As-C4	15,6	21,6	363,953	373,487
22	As-D4	19,2	21,6	368,215	373,487
23	As-E4	26,4	21,6	372,476	373,487
24	As-F4	31,2	21,6	376,353	373,487
25	As-B1	8,74	3,6	355,832	358,680
26	As-B'1	12,00	3,6	359,691	358,680

27	As-C1	15,60	3,6	363,953	358,680
28	As-D1	19,20	3,6	368,215	358,680
29	As-D'1	22,80	3,6	372,476	358,680
30	As-E1	26,06	3,6	376,335	358,680
31	As-B4	8,74	21,6	355,832	373,487
32	As-B'4	12,00	21,6	359,691	373,487
33	As-C4	15,60	21,6	363,953	373,487
34	As-D4	19,20	21,6	368,215	373,487
35	As-D'4	22,80	21,6	372,476	373,487
36	As-E4	26,06	21,6	376,335	373,487

**Tabel 4. 12** Gaya Gempa Per Kolom Lantai Ruang Lift

No	As	(X)	(Y)	Fx (Kg)	Fy (Kg)
		(m)	(m)	Lt. R.Lift	Lt. R.Lift
1	As-A1'	3,6	5,8	280,574	284,056
2	As-A'1'	6,9	5,8	281,628	284,056
3	As-E1	26,4	3,6	287,856	282,987
4	As-F1	31,2	3,6	289,389	282,987
5	As-E1'	26,4	7,2	287,856	284,737
6	As-F1'	31,2	7,2	289,389	284,737
7	As-A2	3,6	10,8	280,574	286,487
8	As-B2	6,9	10,8	281,628	286,487
9	As-E3	27,9	14,4	288,335	288,237
10	As-F4	31,2	14,4	289,389	288,237
11	As-E3'	27,9	19,4	288,335	290,668
12	As-F4'	31,2	19,4	289,389	290,668

**Tabel 4. 13** Gaya Gempa Per Kolom pada Atap Baja

No	As	(X)	(Y)	F <sub>x</sub> (Kg)	F <sub>y</sub> (Kg)
		(m)	(m)	Lt. R.Lift	Lt. R.Lift
1	As-A1'	8,74	12,6	211,709	147,753
2	As-A'1'	12,00	12,6	231,197	147,753
3	As-E1	15,60	12,6	252,718	147,753
4	As-F1	19,20	12,6	274,239	147,753
5	As-E1'	22,80	12,6	295,760	147,753
6	As-F1'	26,06	12,6	315,248	147,753

o. Input Pada SAP 2000

Setelah dipeoleh gaya gempa per kolom, maka gaya tersebut dimasukkan ke dalam program SAP 2000 dan diletakkan pada joint-joint.

## 4.4 Perhitungan Struktur Sekunder

### 4.4.1 Perhitungan Penulangan Pelat

Pelat / slab adalah bidang tipis yang menahan beban-beban transversal melalui aksi lentur ke masing-masing tumpuan. Dalam design, gaya-gaya pada pelat bekerja menurut aksi satu arah dan dua arah. Jika perbandingan dari bentang panjang ( $L_y$ ) terhadap bentang pendek ( $L_x$ ) besarnya 2 kali lebar atau lebih, maka semua beban lantai menuju balok-balok sebagian kecil akan menyalur secara langsung ke gelagar. Sehingga pelat dapat direncanakan sebagai pelat satu arah (*one way slab*), dengan tulangan utama yang sejajar dengan gelagar dan tulangan susut dan suhu yang sejajar dengan balok-balok. Sedangkan bila perbandingan dari bentang panjang ( $L_y$ ) terhadap bentang pendek ( $L_x$ ) besarnya lebih dari 2, maka seluruh beban lantai menyebabkan permukaan lendutan pelat mempunyai kelengkungan ganda. Beban lantai dipikul dalam kedua arah oleh empat balok pendukung pendukung disekelilingnya, dengan demikian, panel disebut pelat 2 arah (*two way slab*), dengan tulangan utama dipasang 2 arah yaitu searah sumbu x dan searah sumbu y, sedangkan tulangan susut dan suhu dipasang mengitari pelat tersebut. (*Desain Beton Bertulang, oleh C.K.Wang dan C.G.Salmon Bab 16*).

Pelat direncanakan menerima beban berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.2.1, kombinasi pembebanan yang digunakan adalah:

$$U = 1,2 DL + 1,6 LL$$

Dimana:

$U$  = Beban Ultimate Pelat

$DL$  = Beban Mati Pelat

$LL$  = Beban Hidup Pelat

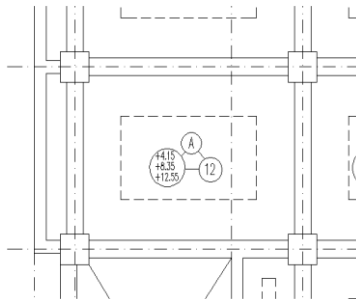
Perhitungan pelat ditinjau pada pelat lantai dan pelat atap.

#### 4.4.1.1 Penulangan Pelat Lantai

➤ Data Perencanaan

$f_c'$	= 30 MPa
$h$ plat	= 120 mm
$f_y$	= 400 MPa
Bentang pendek ( $\ell_x$ )	= 3600 mm
Bentang panjang ( $\ell_y$ )	= 4800 mm
Dimensi Balok	= 35 cm / 50 cm
Dimensi Kolom	= 60 cm/60 cm
$\beta$	= 0,85
$\phi$	= 0,9

➤ Sketsa



**Gambar 4. 49** Pelat Lantai yang Ditinjau

➤ Perhitungan Perencanaan

a. Pembebanan

Beban Mati:

Spesi per cm tebal	= 21	kg/m <sup>2</sup>
Berat Sendiri Pelat	= 288	kg/m <sup>2</sup>
Keramik per cm tebal	= 16,5	kg/m <sup>2</sup>
Pemipaan air bersih dan air kotor	= 25	kg/m <sup>2</sup>
Plafond Kalsiboard	= 6,389	kg/m <sup>2</sup>
Pertisi Plafond Kalsipart	= 11,667	kg/m <sup>2</sup>
Instalasi Listrik AC dll	= 40	kg/m <sup>2</sup>
q DL	= 408,556	kg/m <sup>2</sup>

Beban Hidup

Gedung Pekuliahan(Koridor)	= 383 kg/m <sup>2</sup>
----------------------------	-------------------------

Beban Ultimate

$$\begin{aligned}
 q &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\
 &= 1,2 (408,556 \text{ kg/m}^2) + 1,6(383 \text{ kg/m}^2) \\
 &= 1103,067 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

## b. Perhitungan Momen

$$\begin{aligned}
 L_y/L_x &= 4,8/3,6 \\
 &= 1,3
 \end{aligned}$$

Pelat dianggap terjepit penuh, sehingga besar momen-momennya:

$$\begin{aligned}
 M_{lx} &= +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X \\
 &= +0,001 \cdot 1103,067 \text{ kg/m}^2 \cdot (3,6^2) \cdot 31 \\
 &= +443,1683 \text{ kg.m} \\
 &= +4431683 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ly} &= +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X \\
 &= +0,001 \cdot 1103,067 \text{ kg/m}^2 \cdot (3,6^2) \cdot 19 \\
 &= +271,6193 \text{ kg.m} \\
 &= +2716193 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{tx} &= +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X \\
 &= +0,001 \cdot 1103,067 \text{ kg/m}^2 \cdot (3,6^2) \cdot 69 \\
 &= +986,4068 \text{ kg.m} \\
 &= +9864068 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ty} &= +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X \\
 &= +0,001 \cdot 1103,067 \text{ kg/m}^2 \cdot (3,6^2) \cdot 57 \\
 &= +814,8578 \text{ kg.m} \\
 &= +8148578 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

## c. Perhitungan Tulangan

Tebal Manfaat Pelat

$$\begin{aligned}
 \circ \text{ dx} &= \text{tebal pelat} - \text{decking} - \frac{1}{2} \emptyset \\
 &= 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \left( \frac{1}{2} \cdot 10 \text{ mm} \right) \\
 &= 95 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tulangan Minimum dan Maksimum

$$\circ \rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\circ \rho_b = \frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} + \frac{600}{600 + f_y}$$



$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{400} + \frac{600}{600 + 40} \\
 &= 0,0325 \\
 \circ \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b \\
 &= 0,75 \times 0,03251 \\
 &= 0,0244 \\
 \circ m &= \frac{f_y}{\frac{0,85 \times f_c'}{400}} \\
 &= \frac{400}{0,85 \times 30} \\
 &= 15,686
 \end{aligned}$$

Kebutuhan Tulangan Tumpuan Arah X

$$M_{tx} = 9864068 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\
 &= \frac{9864068}{0,9} \\
 &= 10960075,699 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\
 &= \frac{10960075,699}{1000 \times 95^2} \\
 &= 1,214
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15,686} \times \left( 1 - \sqrt{\frac{1 - 2(15,686)(1,214)}{400}} \right) \\
 &= 0,0014
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\rho_{\min} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\max}$$

$$0,0035 > 0,0031 < 0,0244 \text{ (Tidak Memenuhi)}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} \text{ dinaikkan } 30\% &= 1,3 \rho_{\text{perlu}} \\
 &= 1,3 \times 0,0031
 \end{aligned}$$

$$= 0,0040 < \rho_{\min}$$

Maka digunakan  $\rho_{\min} = 0,0035$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0040 \times 1000 \times 95 \\ &= 384,331 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dicoba tulangan D10 - 200

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= 0,25 \times \pi \times d^2 \times (b/s) \\ &= 0,25 \times \pi \times 10^2 \times (1000/200) \\ &= 392,699 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} \text{As}_{\text{pakai}} &> \text{As}_{\text{perlu}} \\ 392,699 \text{ mm}^2 &> 384,331 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

Maka, digunakan tulangan D10-200.

Kebutuhan Tulangan Tumpuan Arah Y

$$\text{Mtx} = 8148578 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} \text{M}_n &= \frac{\text{Mu}}{\phi} \\ &= \frac{8148578}{0,9} \\ &= 9053975,578 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{R}_n &= \frac{\text{Mn}}{b \times d^2} \\ &= \frac{9053975,578}{1000 \times 95^2} \end{aligned}$$

$$= 1,003$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot m \cdot \text{R}_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,686} \times \left( 1 - \sqrt{\frac{1 - 2(15,686)(1,003)}{400}} \right) \\ &= 0,0026 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\rho_{\min} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\max}$$

$$0,0035 > 0,0026 < 0,0244 \quad \textbf{(Tidak Memenuhi)}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} \text{ dinaikkan } 30\% &= 1,3 \rho_{\text{perlu}} \\ &= 1,3 \times 0,0026 \\ &= 0,0031 < \rho_{\min} \end{aligned}$$

Maka digunakan  $\rho_{\min} = 0,0035$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0035 \times 1000 \times 95 \\ &= 332,500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dicoba tulangan D10 - 200

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= 0,25 \times \pi \times d^2 \times (b/s) \\ &= 0,25 \times \pi \times 10^2 \times (1000/200) \\ &= 392,699 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} \text{As}_{\text{pakai}} &> \text{As}_{\text{perlu}} \\ 392,699 \text{ mm}^2 &> 332,500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

Maka, digunakan tulangan D10-200.

Kebutuhan Tulangan Lapangan Arah X

$$\text{Mtx} = 4431683 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{4431683}{0,9} \\ &= 4924091,981 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times dx^2} \\ &= \frac{492491}{1000 \times 95^2} \\ &= 0,546 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,686} \times \left( 1 - \sqrt{\frac{1 - 2(15,686)0,546}{400}} \right)$$

$$= 0,0014$$

Syarat:

$$\rho_{\min} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\max}$$

$$0,0035 > 0,0014 < 0,0244 \quad \textbf{(Tidak Memenuhi)}$$

$\rho_{\text{perlu}}$  dinaikkan 30%

$$\rho = 1,3 \rho_{\text{perlu}}$$

$$= 1,3 (0,0014)$$

$$= 0,0018 < \rho_{\min}$$

Sehingga dipakai  $\rho_{\min}=0,0035$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0035 \times 1000 \times 95$$

$$= 332,500 \text{ mm}^2$$

Dicoba tulangan D10 - 200

$$A_s \text{ pakai} = 0,25 \times \pi \times d^2 \times (b/s)$$

$$= 0,25 \times \pi \times 10^2 \times (1000/200)$$

$$= 392,699 \text{ mm}^2$$

Syarat :

$$A_{s\text{pakai}} > A_{s\text{perlu}}$$

$$392,699 \text{ mm}^2 > 332,500 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Maka, digunakan tulangan D10-200.

Kebutuhan Tulangan Lapangan Arah Y

$$M_{tx} = 2716193 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$= \frac{2716193}{0,9}$$

$$= 3017991,859 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2}$$

$$= \frac{3017991,859}{1000 \times 95^2}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,334 \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15,686} \times \left( 1 - \sqrt{\frac{1 - 2(15,686)(0,334)}{400}} \right) \\
 &= 0,0008
 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\rho_{\min} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\max}$$

$$0,0035 > 0,0008 < 0,0244 \quad \textbf{(Tidak Memenuhi)}$$

$\rho_{\text{perlu}}$  dinaikkan 30%

$$\begin{aligned}
 \rho &= 1,3 \rho_{\text{perlu}} \\
 &= 1,3 (0,0008) \\
 &= 0,0014 < \rho_{\min}
 \end{aligned}$$

Sehingga dipakai  $\rho_{\min}$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,0035 \times 1000 \times 95 \\
 &= 332,500 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dicoba tulangan D10 - 200

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ pakai} &= 0,25 \times \pi \times d^2 \times (b/s) \\
 &= 0,25 \times \pi \times 10^2 \times (1000/200) \\
 &= 392,699 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 A_{s\text{pakai}} &> A_{s\text{perlu}} \\
 392,699 \text{ mm}^2 &> 332,500 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

Maka, digunakan tulangan D10-200.

d. Perhitungan Tulangan Susut

Dijelaskan pada SNI 03-2847-2013 Pasal 7.12.2.2, pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las mutu 420 menggunakan  $\rho_{\text{susut}} = 0,0018$ .

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ susut perlu} &= \rho_{\text{susut}} \times h \times b \\
 &= 0,0018 \times 120 \times 1000 \\
 &= 216 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$S_{\max} \leq 5h \quad \text{atau} \quad S_{\max} \leq 450 \text{ mm}$$

$$S_{\max} \leq 600 \text{ mm} \quad \text{atau} \quad S_{\max} \leq 450 \text{ mm}$$

Direncanakan tulangan Ø8

$$S = \frac{0,25\pi d^2 b}{A_{s_{\text{susut}}}}$$

$$= \frac{0,25\pi 8^2 \cdot 1000}{216}$$

$$= 232,710 \text{ mm}$$

$$S = 232,710 \text{ mm} < 450 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm}$$

Tulangan susut yang dipakai Ø8-200.

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{0,25\pi d^2 b}{s_{\text{pakai}}}$$

$$= \frac{0,25\pi 8^2 \cdot 1000}{200}$$

$$= 251,327 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

$$A_{s \text{ pakai}} > A_{s \text{ perlu}}$$

$$251,327 \text{ mm}^2 > 216 \text{ mm}^2$$

**(Memenuhi)**

#### 4.4.1.2 Penulangan Pelat Atap

##### ➤ Data Perencanaan

$$f_c' = 30 \text{ MPa}$$

$$h \text{ plat} = 120 \text{ mm}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{Bentang pendek } (\ell_x) = 3600 \text{ mm}$$

$$\text{Bentang panjang } (\ell_y) = 4800 \text{ mm}$$

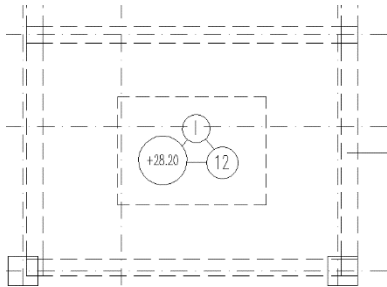
$$\text{Dimensi Balok} = 35 \text{ cm} / 50 \text{ cm}$$

$$\text{Dimensi Kolom} = 60 \text{ cm} / 60 \text{ cm}$$

$$\beta = 0,85$$

$$\phi = 0,9$$

## ➤ Sketsa

**Gambar 4. 50** Pelat Atap yang Ditinjau

## ➤ Perhitungan Perencanaan

## a. Pembebanan

Beban Mati:

Spesi per cm tebal	= 21	kg/m <sup>2</sup>
Berat Sendiri Pelat	= 288	kg/m <sup>2</sup>
Keramik per cm tebal	= 16,5	kg/m <sup>2</sup>
Pemipaan air bersih dan air kotor	= 25	kg/m <sup>2</sup>
Plafond Kalsibord	= 6,389	kg/m <sup>2</sup>
Pertisi Plafond Kalsipart	= 11,667	kg/m <sup>2</sup>
Instalasi Listrik AC dll	= 40	kg/m <sup>2</sup>
q DL	= 408,556	kg/m <sup>2</sup>

Beban Hidup

Gedung Pekuliahan(Koridor)	= 96	kg/m <sup>2</sup>
----------------------------	------	-------------------

Beban Ultimate

$$\begin{aligned}
 U &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\
 &= 1,2 (408,556 \text{ kg/m}^2) + 1,6(96 \text{ kg/m}^2) \\
 &= 643,867 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

## b. Perhitungan Momen

$$\begin{aligned}
 L_y/L_x &= 4,8/3,6 \\
 &= 1,3
 \end{aligned}$$

Pelat dianggap terjepit penuh, sehingga besar momen-momennya:

$$\begin{aligned}
 M_{lx} &= +0,001.q.lx^2.X \\
 &= +0,001.643,867 \text{ kg/m}^2.(3,6^2). 31
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= +258,6800 \text{ kg.m} \\
&= +2586800 \text{ Nmm} \\
M_{ly} &= +0,001.q.lx^2.X \\
&= +0,001.643,867 \text{ kg/m}^2.(3,6^2). 19 \\
&= +158,5459 \text{ kg.m} \\
&= +1585459 \text{ Nmm} \\
M_{tx} &= +0,001.q.lx^2.X \\
&= +0,001.643,867 \text{ kg/m}^2.(3,6^2). 69 \\
&= +575,7718 \text{ kg.m} \\
&= +5757718 \text{ Nmm} \\
M_{ty} &= +0,001.q.lx^2.X \\
&= +0,001.643,867 \text{ kg/m}^2.(3,6^2). 57 \\
&= +475,6376 \text{ kg.m} \\
&= +4756376 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

c. Perhitungan Tulangan

Tebal Manfaat Pelat

$$\begin{aligned}
\circ \text{ dx} &= \text{tebal pelat} - \text{decking} - \frac{1}{2} \emptyset \\
&= 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - (\frac{1}{2} . 10 \text{ mm}) \\
&= 95 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Tulangan Minimum dan Maksimum

$$\begin{aligned}
\circ \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \\
\circ \rho_b &= \frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} + \frac{600}{600 + f_y} \\
&= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{400} + \frac{600}{600 + 40} \\
&= 0,0325 \\
\circ \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b \\
&= 0,75 \times 0,0325 \\
&= 0,0244 \\
\circ m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\
&= \frac{400}{0,85 \times 30} \\
&= 15,686
\end{aligned}$$



Kebutuhan Tulangan Tumpuan Arah X

$$M_{tx} = 5757718 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{5757718}{0,9} \\ &= 6397464,499 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\ &= \frac{6397464,499}{1000 \times 95^2} \\ &= 0,709 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,686} \times \left( 1 - \sqrt{\frac{1 - 2(15,686)(0,709)}{400}} \right) \\ &= 0,0018 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\rho_{\min} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\max}$$

$$0,0035 > 0,0018 < 0,0244 \quad \textbf{(Tidak Memenuhi)}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} \text{ dinaikkan } 30\% &= 1,3 \rho_{\text{perlu}} \\ &= 1,3 \times 0,0018 \\ &= 0,0023 < \rho_{\min} \end{aligned}$$

Maka digunakan  $\rho_{\min} = 0,0035$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0035 \times 1000 \times 95 \\ &= 332,500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dicoba tulangan D10 - 200

$$\begin{aligned} A_s \text{ pakai} &= 0,25 \times \pi \times d^2 \times (b/s) \\ &= 0,25 \times \pi \times 10^2 \times (1000/200) \\ &= 392,699 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} A_{s\text{pakai}} &> A_{s\text{perlu}} \\ 392,699 \text{ mm}^2 &> 332,500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

Maka, digunakan tulangan D10-200.

Kebutuhan Tulangan Tumpuan Arah Y

$$M_{tx} = 4756376 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{4756376}{0,9} \\ &= 5284861,978 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times d x^2} \\ &= \frac{5284861,978}{1000 \times 95^2} \\ &= 0,586 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,686} \times \left( 1 - \sqrt{\frac{1 - 2(15,686)(0,586)}{400}} \right) \\ &= 0,0015 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\rho_{\min} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\max}$$

$$0,0035 > 0,0015 < 0,0244 \quad \textbf{(Tidak Memenuhi)}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} \text{ dinaikkan } 30\% &= 1,3 \rho_{\text{perlu}} \\ &= 1,3 \times 0,0015 \\ &= 0,0019 < \rho_{\min} \end{aligned}$$

Maka digunakan  $\rho_{\min} = 0,0035$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0035 \times 1000 \times 95 \\ &= 332,500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dicoba tulangan D10 - 200

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pakai}} &= 0,25 \times \pi \times d^2 \times (b/s) \\ &= 0,25 \times \pi \times 10^2 \times (1000/200) \\ &= 392,699 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pakai}} &> A_{s \text{ perlu}} \\ 392,699 \text{ mm}^2 &> 332,500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

Maka, digunakan tulangan D10-200.

Kebutuhan Tulangan Lapangan Arah X

$$M_{tx} = 2586801 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{2586801}{0,9} \\ &= 2874223,181 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\ &= \frac{2874223,181}{1000 \times 95^2} \\ &= 0,318 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,686} \times \left( 1 - \sqrt{\frac{1 - 2(15,686)(0,318)}{400}} \right) \\ &= 0,0008 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\rho_{\min} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\max}$$

$$0,0035 > 0,0008 < 0,0244 \quad \textbf{(Tidak Memenuhi)}$$

$\rho_{\text{perlu}}$  dinaikkan 30%

$$\begin{aligned} \rho &= 1,3 \rho_{\text{perlu}} \\ &= 1,3 (0,0008) \end{aligned}$$

$$= 0,0010 < \rho_{\min}$$

Sehingga dipakai  $\rho_{\min}=0,0035$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0035 \times 1000 \times 95 \\ &= 332,500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dicoba tulangan D10 - 200

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= 0,25 \times \pi \times d^2 \times (b/s) \\ &= 0,25 \times \pi \times 10^2 \times (1000/200) \\ &= 392,699 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} \text{As}_{\text{pakai}} &> \text{As}_{\text{perlu}} \\ 392,699 \text{ mm}^2 &> 332,500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

Maka, digunakan tulangan D10-200.

Kebutuhan Tulangan Lapangan Arah Y

$$\text{Mtx} = 1585459 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} \text{Mn} &= \frac{\text{Mu}}{\phi} \\ &= \frac{1585459}{0,9} \\ &= 1761620,659 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rn} &= \frac{\text{Mn}}{b \times d^2} \\ &= \frac{1761620,659}{1000 \times 95^2} \\ &= 0,195 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot m \cdot \text{Rn}}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,686} \times \left( 1 - \sqrt{\frac{1 - 2(15,686)(0,195)}{400}} \right) \\ &= 0,0005 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\rho_{\min} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\max}$$

$$0,0035 > 0,0005 < 0,02438 \quad \textbf{(Tidak Memenuhi)}$$

$\rho_{\text{perlu}}$  dinaikkan 30%

$$\rho = 1,3 \rho_{\text{perlu}}$$

$$= 1,3 (0,0005)$$

$$= 0,0006 < \rho_{\min}$$

Sehingga dipakai  $\rho_{\min}$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0035 \times 1000 \times 95$$

$$= 332,500 \text{ mm}^2$$

Dicoba tulangan D10 - 200

$$A_s \text{ pakai} = 0,25 \times \pi \times d^2 \times (b/s)$$

$$= 0,25 \times \pi \times 10^2 \times (1000/200)$$

$$= 392,699 \text{ mm}^2$$

Syarat :

$$A_{s\text{pakai}} > A_{s\text{perlu}}$$

$$392,699 \text{ mm}^2 > 332,500 \text{ mm}^2$$

**(Memenuhi)**

Maka, digunakan tulangan D10-200.

d. Perhitungan Tulangan Susut

Dijelaskan pada SNI 03-2847-2013 Pasal 7.12.2.2, pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las mutu 420 menggunakan  $\rho_{\text{susut}} = 0,0018$ .

$$A_s \text{ susut perlu} = \rho_{\text{susut}} \times h \times b$$

$$= 0,0018 \times 120 \times 1000$$

$$= 216 \text{ mm}^2$$

$$S_{\max} \leq 5h \quad \text{atau} \quad S_{\max} \leq 450 \text{ mm}$$

$$S_{\max} \leq 600 \text{ mm} \quad \text{atau} \quad S_{\max} \leq 450 \text{ mm}$$

Direncanakan tulangan Ø8

$$S = \frac{0,25 \pi d^2 b}{A_{s_{\text{susut}}}}$$

$$= \frac{0,25 \pi 8^2 \cdot 1000}{216}$$

$$= 232,710 \text{ mm}$$

$$S = 232,710 \text{ mm} < 450 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm}$$

Tulangan susut yang dipakai Ø8-200.

$$As_{\text{pakai}} = \frac{0,25\pi d^2 b}{s_{\text{pakai}}}$$

$$= \frac{0,25\pi 8^2 \cdot 1000}{200}$$

$$= 251,327 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

$$As_{\text{pakai}} > As_{\text{perlu}}$$

$$251,327 \text{ mm}^2 > 216 \text{ mm}^2$$

**(Memenuhi)**

#### 4.4.2 Perhitungan Penulangan Tangga dan Bordes

##### 4.4.2.1 Perhitungan Pelat Tangga

###### ➤ Data Perencanaan

$$\text{Mutu Beton (fc')} = 30 \text{ Mpa}$$

$$\text{BJ Tul. Lentur (fy) Geser} = 400 \text{ Mpa}$$

$$\text{BJ Tul. Lentur (fy) Lentur} = 400 \text{ Mpa}$$

$$\text{Tebal Rencana Plat Tangga} = 0,15\text{m} = 150 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal Rencana Plat Bordes} = 0,15\text{m} = 150 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi Injakan (t)} = 17,5\text{cm}$$

$$\text{Lebar Injakan (i)} = 30 \text{ cm}$$

$$\text{Panjang datar tangga} = 3,3 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Tangga} = 4,2 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Bordes} = 2,1 \text{ m}$$

$$\text{Lebar Bordes} = 1,35 \text{ m}$$

$$\text{Panjang Bordes} = 3 \text{ m}$$

$$\text{Tebal selimut beton} = 30 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,8$$

$$\text{Faktor reduksi } (\phi) = 0,9$$

➤ Perhitungan

a. Tinggi Efektif Pelat

$$\text{Direncanakan } \phi = 12 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} dx &= \text{tebal pelat} - \text{selimut beton} - 1/2\phi \\ &= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{1}{2} (12 \text{ mm}) \\ &= 114 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= \text{tebal pelat} - \text{selimut beton} - \phi - 1/2\phi \\ &= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 12 \text{ mm} - \frac{1}{2} (12 \text{ mm}) \\ &= 102 \text{ mm} \end{aligned}$$

b. Tulangan Maksimum dan Minimum

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{400}{0,85(30)} \\ &= 15,686 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \beta_1 f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85(0,85)(30)}{400} \left( \frac{600}{600 + y} \right) \\ &= 0,033400 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,033 \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

c. Tulangan Arah X (Sumbu Pendek)

Diambil dari SAP 2000 dengan kombinasi 1,2D+1,6L

$$\begin{aligned} M_{11} &= M_{ux} \\ &= 972,574 \text{ kgm} \\ &= 9725744 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{9725744}{0,8}$$

$$\begin{aligned} &= 12157180 \text{ Nmm} \\ R_n &= \frac{M_n}{b \times d_x^2} = \frac{12157180}{1000 \times 114^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho \text{ perlu} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{fy}} \right) \\
 &= \frac{1}{15,686} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(15,686)(0,935)}{400}} \right) \\
 &= 0,0024
 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{array}{lll}
 \rho_{\min} & < \rho \text{ perlu} & < \rho_{\max} \\
 0,0035 & < 0,0024 & < 0,0244
 \end{array}$$

**(Tidak Memenuhi)**

$\rho$  perlu dinaikkan 30%

$$\begin{aligned}
 \rho &= 1,3 \times \rho \text{ perlu} \\
 &= 1,3 \times 0,0024 \\
 &= 0,0031 > \rho_{\min}
 \end{aligned}$$

**(Tidak Memenuhi)**

Sehingga dipakai  $\rho_{\min} = 0,0035$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu} &= \rho \text{ pakai} \times b \times d \\
 &= 0,0035 \times 1000 \times 114 \\
 &= 397,00 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan D10-200

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ pakai} &= \frac{0,25 \pi D^2 b}{s} \\
 &= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{200} \\
 &= 392,70 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Cek:

$$\begin{array}{ll}
 A_s \text{ pakai} & > A_s \text{ perlu} \\
 392,70 \text{ mm}^2 & > 397,00 \text{ mm}^2
 \end{array}$$

**(Memenuhi)**

Sehingga dipakai tulangan D10-200.



## d. Tulangan Arah Y (Sumbu Panjang)

Diambil dari SAP 2000 dengan kombinasi 1,2D+1,6L

$$\begin{aligned} M_{22} &= M_{uy} \\ &= 2391,1071 \text{ kgm} = 23911071 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{Mu}{\phi} = \frac{23911071}{0,8} \\ &= 29888839 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times d_y^2} = \frac{29888839}{1000 \times 102^2} \\ &= 2,872 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ perlu} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,686} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(15,686)(2,872)}{400}} \right) \\ &= 0,0076 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &< \rho \text{ perlu} < \rho_{\max} \\ 0,0035 &< 0,0076 < 0,0244 \text{ (**Memenuhi**)} \end{aligned}$$

Sehingga  $\rho$  pakai = 0,0076

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \text{ pakai} \times b \times d \\ &= 0,0076 \times 1000 \times 114 \\ &= 779,263 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan D13-150

$$\begin{aligned} A_s \text{ pakai} &= \frac{0,25\pi D^2 b}{150} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{150} \\ &= 884,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek:

$$\begin{aligned} A_s \text{ pakai} &> A_s \text{ perlu} \\ 884,88 \text{ mm}^2 &> 779,263 \text{ mm}^2 \text{ (**Memenuhi**)} \end{aligned}$$

Sehingga dipakai tulangan D13-150.

## 4.4.2.2 Perhitungan Pelat Bordes

## ➤ Data Perencanaan

Mutu Beton ( $f_c'$ ) = 30 MpaBJ Tul. Lentur ( $f_y$ ) Geser = 400 MpaBJ Tul. Lentur ( $f_y$ ) Lentur = 400 Mpa

Tebal Rencana Plat Tangga = 0,15m = 150 mm

Tebal Rencana Plat Bordes = 0,15m = 150 mm

Tinggi Injakan (t) = 17,5cm

Lebar Injakan (i) = 30 cm

Panjang datar tangga = 3,3 m

Tinggi Tangga = 4,2 m

Tinggi Bordes = 2,1 m

Lebar Bordes = 1,35 m

Panjang Bordes = 3 m

Tebal selimut beton = 30 mm

b = 1000 mm

 $\beta_1$  = 0,8Faktor reduksi ( $\phi$ ) = 0,9

## ➤ Perhitungan

## a. Tinggi Efektif Pelat Bordes

Direncanakan  $\phi = 12$  mm

$$\begin{aligned} dx &= \text{tebal pelat} - \text{selimut beton} - 1/2\phi \\ &= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 1/2 (12 \text{ mm}) \\ &= 114 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= \text{tebal pelat} - \text{selimut beton} - \phi - 1/2\phi \\ &= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - 1/2 (12 \text{ mm}) \\ &= 102 \text{ mm} \end{aligned}$$

## b. Tulangan Maksimum dan Minimum

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{400}{0,85(30)} \\ &= 15,686 \end{aligned}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \beta_1 f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= \frac{0,85(0,85)(30)}{400} \left( \frac{600}{600 + y} \right)$$

$$= 0,033$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,033$$

$$= 0,0035$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400}$$

$$= 0,00035$$

c. Tulangan Arah X (Sumbu Panjang)

Diambil dari SAP 2000 dengan kombinasi 1,2D+1,6L

$$M11 = M_{ux}$$

$$= 952,86 \text{ kgm}$$

$$= 9528565 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{9528565}{0,8}$$

$$= 11910706 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d_x^2} = \frac{11910706}{1000 \times 114^2}$$

$$= 0,916$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,686} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(15,686)(0,916)}{400}} \right) \\ &= 0,0023 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0023 < 0,0244$$

**(Tidak Memenuhi)**

$\rho_{\text{perlu}}$  dinaikkan 30%

$$\rho = 1,3 \times \rho_{\text{perlu}}$$

$$= 1,3 \times 0,0023$$

$$= 0,0030 < \rho_{\min}$$

Sehingga  $\rho$  pakai = 0,0035

As perlu =  $\rho$  pakai  $\times b \times d$

$$= 0,0035 \times 1000 \times 114$$

$$= 357 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan D10-200

$$\text{As pakai} = \frac{0,25\pi D^2 b}{s}$$

$$= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{200}$$

$$= 392,70 \text{ mm}^2$$

Cek:

$$\text{As pakai} > \text{As perlu}$$

$$392,70 \text{ mm}^2 > 357 \text{ mm}^2$$

**(Memenuhi)**

Sehingga dipakai tulangan D10-200.

d. Tulangan Arah Y (Sumbu Pendek)

Diambil dari SAP 2000 dengan kombinasi 1,2D+1,6L

$$\begin{aligned} M_{22} &= M_{uy} \\ &= 1652,88 \text{ kgm} \\ &= 16528847,6 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{16528847,6}{0,8}$$

$$\begin{aligned} &= 20661059 \text{ Nmm} \\ R_n &= \frac{M_n}{b \times d_y^2} = \frac{20661059}{1000 \times 102^2} \\ &= 1,986 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,686} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(15,686)(1,986)}{400}} \right) \\ &= 0,0052 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0052 < 0,0244 \text{ (**Memenuhi**)}$$

Sehingga  $\rho$  pakai = 0,0052

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \text{ pakai} \times b \times d \\ &= 0,0052 \times 1000 \times 114 \\ &= 527,821 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan D13-150

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= \frac{0,25 \pi D^2 b}{s} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{150} \\ &= 884,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek:

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &> \text{As perlu} \\ 884,88 \text{ mm}^2 &> 527,821 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

Sehingga dipakai tulangan D13-150.

#### 4.4.2.3 Perhitungan Balok Bordes

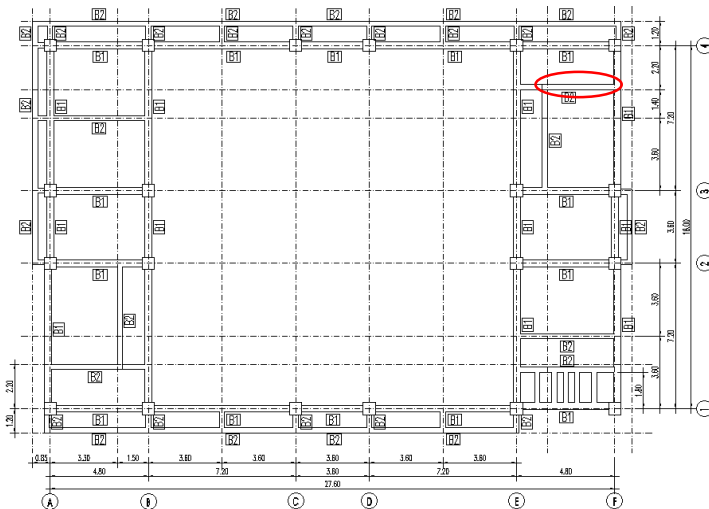
Perhitungan tulangan balok bordes dengan dimensi (20x30) cm As E .Berikut ini adalah data perencanaan balok berdasarkan gambar denah pembalokan, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000. Selanjutnya akan dihitung dengan metode SRPMM.

##### ➤ Data Perencanaan

Tipe Balok	= Balok Bordes
Bentang = 2,075 m	= 2075 mm
b = 20 cm	= 200 mm
h = 30 cm	= 300 mm
Kolom :	
b = 60 cm	= 600 mm
h = 60 cm	= 600 mm
Mutu Beton ( $f_c'$ )	= 30 MPa
$f_y$ Lentur	= 400 MPa
$f_y$ Geser	= 400 MPa
$f_y$ Puntir	= 400 MPa
$\phi$ Lentur	= 0,9
$\phi$ Geser	= 0,75

$\phi$ Torsi	= 0,75
$\beta_1$	= 0,85
Tebal Selimut Beton	= 40 mm
Jarak Spasi Tulangan Sejajar	= 25 mm
Diameter Tulangan Lentur	= 13 mm
Diameter Tulangan Geser	= 10 mm
Diameter Tulangan Puntir	= 10 mm

➤ Sketsa



**Gambar 4. 51** Denah Balok yang Ditinjau, Tipe Balok Balok Bordes

➤ Perhitungan

a. Tinggi Efektif Balok

$$\begin{aligned}
 d &= h - \text{decking} - \phi_{\text{sengkang}} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tulangan lentur}} \\
 &= 300 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \frac{1}{2} 13 \text{ mm} \\
 &= 243,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d' &= \text{decking} + \phi_{\text{sengkang}} + \frac{1}{2} \phi_{\text{tulangan lentur}} \\
 &= 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + \frac{1}{2} 13 \text{ mm} \\
 &= 56,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

b. Hasil Output dan Diagram Gaya Berdasarkan Analisa SAP 2000

Setelah dilakukan analisa menggunakan program SAP 2000, maka didapatkan hasil output dan diagram gaya dalam sehingga digunakan dalam proses perhitungan tulangan. Dari hasil output didapat nilai terbesar pada frame 25 pemodelan SAP 2000 dengan kombinasi pembebanan  $1,2D+1,0Ey+0,3Ex+1,0L$  dan berikut adalah hasil output analisa dari program SAP 2000:

**Hasil Output Puntir**

Kombinasi :  $1,2D+1,0Ey+0,3Ex+1,0L$ .

Momen Puntir : 296,53 kgm.

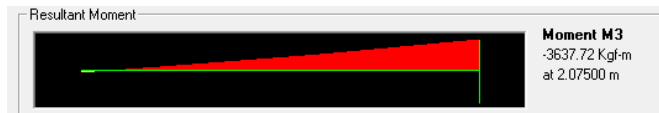


**Gambar 4. 52** Output SAP 2000 Momen Torsi Balok Bordes

**Hasil Output Diagram Momen Lentur**

Kombinasi :  $1,2D+1,0Ey+0,3Ex+1,0L$ .

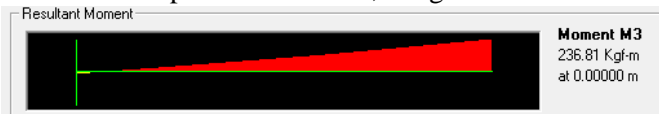
Momen Tumpuan Kiri : 3637,72 kgm.



**Gambar 4. 53** Output SAP 2000 Momen Lentur Kiri Balok Bordes

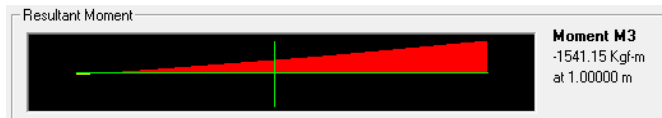
Kombinasi :  $1,2D+1,0Ey+0,3Ex+1,0L$ .

Momen Tumpuan Kanan: 236,81 kgm.



**Gambar 4. 54** Output SAP 2000 Momen Lentur Kanan Balok Bordes

Kombinasi : 1,2D+1,0Ey+0,3Ex+1,0L  
 Momen Lapangan : 1541,15 kgm.



**Gambar 4. 55** Output SAP 2000 Momen Lentur Lapangan Balok Bordes

### Hasil Output Diagram Gaya Geser

Kombinasi : 1,2D+1,0Ey+0,3Ex+1,0L.  
 Gaya Geser : 2046,52 kg



**Gambar 4. 56** Output SAP 2000 Gaya Geser Balok Bordes

#### c. Periksa Dimensi Penampang

- Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b_{balok} \times h_{balok} = 200 \times 300 \\ &= 60000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Parameter luar irisna penampang beton  $A_{cp}$

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b_{balok} + h_{balok}) = 2 \times (200 + 300) \\ &= 1000 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Luas penampang dibatasi As tulangan sengkang

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b_{balok} - 2t_{decking} - 2\emptyset) \times (h_{balok} - 2t_{decking} - 2\emptyset) \\ &= (200 - 2(40) - 2(10)) \times (300 - 2(40) - 2(10)) \\ &= 20000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Keliling penampang dibatasi As tulangan sengkang

$$\begin{aligned} P_{oh} &= 2[(b_{balok} - 2t_{decking} - 2\emptyset) + (h_{balok} - 2t_{decking} - 2\emptyset)] \\ &= 2 \times [(200 - 2(40) - 2(10)) + (300 - 2(40) - 2(10))] \\ &= 400 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### d. Penulangan Puntir

$$\begin{aligned} T_u &= 296,53 \text{ kgm} \\ T_n &= \frac{T_u}{\phi} = \frac{296,53 \times 10^4}{0,75} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 &= 3953733,333 \text{ Nmm} \\
 \text{Tu min} &= \phi 0,083 \lambda \sqrt{f'c} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\
 &\quad \text{Bab 2.4.1.4 Persamaan 2.44} \\
 &= (0,75) 0,083 (1) \sqrt{30} \left( \frac{60000^2}{1000} \right) \\
 &= 1227446,251 \text{ Nmm} \\
 \text{Tu max} &= \phi 0,33 \lambda \sqrt{f'c} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\
 &\quad \text{Bab 2.4.1.4 Persamaan 2.45} \\
 &= (0,75) 0,33 (1) \sqrt{30} \left( \frac{60000^2}{1000} \right) \\
 &= 4880207,987 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

#### Cek Pengaruh Momen Puntir

$$\begin{aligned}
 \text{Tu} &> \text{Tu min} \\
 2965300 \text{ Nmm} &> 1227446,251 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Sehingga memerlukan Tulangan Puntir.

#### Tulangan Puntir untuk Lentur

Direncanakan tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir:

$$A_l = \frac{A_t}{s} \times Ph \times \left( \frac{F_{yt}}{f_y} \right) \times \cot^2 \theta \quad \text{Bab 2.4.1.4 Persamaan 2.49}$$

maka:

$$\begin{aligned}
 \frac{A_t}{s} &= \frac{T_n}{2 \times A_o \times F_{yt} \times \cot \theta} \\
 &= \frac{3953733,333}{2 \times 20000 \times 400 \times \cot 45} \\
 &= 0,247 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Sehingga tulangan puntir untuk lentur adalah:

$$\begin{aligned}
 A_l &= 0,247 \times 400 \times \left( \frac{400}{400} \right) \times \cot^2 45 \\
 &= 98,843 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Tulangan Puntir Longitudinal Minimum

$$\frac{At}{s} \geq \frac{0,175 \times B_w}{F_{yt}}$$

$$0,247 \text{ mm} \geq \frac{0,175 \times 200}{400}$$

$$0,247 \text{ mm} > 0,088 \text{ mm}$$

Maka nilai  $At/s$  diambil  $0,088 \text{ mm}^2$

Cek nilai  $A_l$  minimal

$$\begin{aligned} A_l \text{ min} &= \left( \frac{0,42 \times \sqrt{f_c'} \times A_{cp}}{f_y} - \frac{At}{s} \right) \times Ph \times \frac{f_{yt}}{f_y} \\ &= \left( \frac{0,42 \times 30 \times 6 \times 10^4}{400} - 0,088 \right) \times 400 \times \frac{400}{400} \\ &= 310,065 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat:

$A_{l\text{perlu}} \leq A_{l\text{min}}$ , maka menggunakan  $A_{l\text{min}}$

$A_{l\text{perlu}} \geq A_{l\text{min}}$ , maka menggunakan  $A_{l\text{perlu}}$

Cek :

$$A_{l\text{perlu}} \leq A_{l\text{min}}$$

$$98,843 \text{ mm}^2 \leq 310,065 \text{ mm}^2$$

maka menggunakan  $A_{l\text{min}} = 310,065 \text{ mm}^2$

Tulangan Arah Memanjang dibagi 4 sisi

$$A_{l\text{min}}/3 = 310,065/3 = 103,355 \text{ mm}^2$$

Penyebaran Tulangan Torsi

Pada sisi atas = disalurkan pada tulangan tarik balok.

Pada sisi bawah = disalurkan pada tulangan tekan balok.

Pada sisi samping mendapatkan tambahan sebesar:

$$1/3 A_l = 1/3 \times 310,065 = 103,355 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan dengan diameter D10

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 10^2 \\ &= 78,571 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n = \frac{A_l}{\text{LuasTulangan}} = \frac{103,355}{78,571}$$

$$= 1,32 \approx 2$$

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} = 2 \times 78,751 \\ &= 157,143 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &> \text{As perlu} \\ 157,143 \text{ mm}^2 &> 103,355 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

Sehingga tulangan puntir pada tumpuan kiri. dan tumpuan kanan adalah 2D10.

e. Penulangan Lentur

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi:  
1,2D+1,6L+0,5Lr.

Garis Netral pada Kondisi Balance

$$\begin{aligned} X_b &= \frac{600}{600 + f_y} \times d = \frac{600}{600 + 400} \times 243,5 \\ &= 146,100 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral pada Kondisi Maksimum

$$\begin{aligned} X_{\max} &= 0,75 \times X_b = 0,75 \times 146,100 \\ &= 109,575 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral pada Kondisi Minimum

$$\begin{aligned} X_{\min} &= d' \\ &= 56,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Rencana

$$X_{\text{rencana}} = 150 \text{ mm}$$

Komponen Beton Tertekan

$$\begin{aligned} C_c' &= 0,85 \times f_c' \times b_w \times \beta_1 \times X_{\text{rencana}} \\ &= 0,85 \times 30 \times 200 \times 0,85 \times 150 \\ &= 650250 \text{ N} \end{aligned}$$

Luas Tulangan Lentur Gaya Tarik Tulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{0,85 \times f_c' \times b_w \times \beta_1 \times X_{\text{rencana}}}{f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 30 \times 200 \times 0,85 \times 150}{400} \\ &= 1625,625 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luas Tulangan Lentur dan Gaya Tarik Tulangan

$$\begin{aligned}
 M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left( d - \frac{\beta_1 \times X_{rencana}}{2} \right) \\
 &= 2844,844 \times 400 \times \left( 253,5 - \frac{0,85 \times 150}{2} \right) \\
 &= 116882437,500 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

- Daerah Tumpuan Kiri  
 Output SAP Mu Tumpuan = 3637,72 kgm  
 = 36377200 Nmm

Momen Nominal Tumpuan

$$\begin{aligned}
 M_n &= M_u / \phi \\
 &= 36377200 / 0,9 \\
 &= 40419111,111 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Cek Syarat Nominal Tulangan Lentur Rangkap

Syarat:

$M_{ns} > 0$ , maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0$ , maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$\begin{aligned}
 M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\
 &= 40419111,111 - 11682437,500 \\
 &= -76463326,4 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Maka tidak perlu tulangan lentur rangkap, sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$\rho_b = 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f_c'}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

*Bab 2.4.1.2.1 Persamaan 2.24*

$$\begin{aligned}
 &= 0,85 \times 0,85 \times \frac{30}{400} \times \left( \frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &= 0,033
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= 1,4 / f_y = 1,4 / 400 \\
 &= 0,0035
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,033$$

$$\begin{aligned}
 Rn &= 0,024 \\
 Rn &= \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{40419111,111}{1000 \times 243,5^2} \\
 &= 3,408
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{fy}{0,85 \times fc'} = \frac{400}{0,85 \times 30} \\
 &= 15,686
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{fy}} \right) \\
 &= \frac{1}{15,686} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(15,686)(3,408)}{400}} \right) \\
 &= 0,0918
 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \\
 0,0035 &< 0,0918 < 0,024 \quad \textbf{(Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan  $\rho_{\text{perlu}} = 0,0918$

$$\begin{aligned}
 As &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,0918 \times 1000 \times 243,5 \\
 &= 447,187 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (As)

$$\begin{aligned}
 As \text{ perlu} &= As + \frac{Al}{3} = 447,187 + 103,355 \\
 &= 550,542 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan dengan diameter D13

$$\begin{aligned}
 Luas &= \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 13^2 \\
 &= 132,732 \text{ mm}^2 \\
 n &= \frac{As \text{ perlu}}{Luas \text{ Tulangan}} = \frac{550,142}{132,732} \\
 &= 4,148 \approx 5
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} = 5 \times 132,732 \\ &= 663,929 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned}\text{As pasang} &> \text{As perlu} \\ 663,929 \text{ mm}^2 &> 550,542 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

Luasan Pasang Tulangan Lentur Tekan (As')

$$\begin{aligned}\text{As}' &= 0,3\text{As} = 0,3 \times 550,542 \\ &= 165,163 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Direncanakan tulangan dengan diameter D13

$$\text{Luas} = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 13^2$$

$$= 132,732 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\text{Luas Tulangan}} = \frac{165,163}{132,732}$$

$$= 1,244 \approx 2$$

$$\begin{aligned}\text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} = 2 \times 132,732 \\ &= 265,571 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned}\text{As pasang} &> \text{As perlu} \\ 265,571 \text{ mm}^2 &> 165,163 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Syarat:

$$S_{\max} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\max} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Direncanakan dipakai tulangan tarik 4D13 dan tulangan tekan 2D13

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{\max} = \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \text{geser}) - (\text{juml.tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlahtulangan} - 1}$$

$$S_{\max} = \frac{200 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (5 \times 13)}{5 - 1}$$

$$= 8,76 \text{ mm}$$

$S_{\max} = 8,75 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$  ,maka disusun lebih dari satu lapis.

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{\max} = \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset_{\text{geser}}) - (\text{juml.tul} \times D_{\text{lentur}})}{\frac{\text{jumlahtulangan} - 1}{2 - 1}}$$

$$S_{\max} = \frac{200 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (2 \times 13)}{2 - 1}$$

$$= 74,00 \text{ mm}$$

$S_{\max} = 74,00 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$  ,maka disusun satu lapis.

Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Lentur pada Balok

Dijelaskan pada SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.1, boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom di ujung komponen tersebut. Momen lentur tumpuan (+)  $\geq 1/3$  Momen lentur tumpuan (-).

Maka ditinjau berdasarkan As pasang

$$\begin{aligned} A_{\text{pasang}} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset_{\text{lentur}} \\ &= 5 \times 0,25 \times \pi \times 13^2 \\ &= 663,929 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{pasang}}' &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset_{\text{lentur}} \\ &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 13^2 \\ &= 265,571 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq 1/3 M \text{ lentur tumpuan (-)}$$

$$265,571 \text{ mm}^2 \geq 1/3 \times 663,929 \text{ mm}^2$$

$$265,571 \text{ mm}^2 \geq 221,310 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

Jadi daerah tumpuan kiri dipasang:

$$\text{Tulangan Tarik} = 5D13$$

$$\text{Tulangan Tekan} = 2D13$$

Kontrol Kemampuan Penampang

$$\begin{aligned} A_{\text{pasang tulangan tarik}} &= 5D13 \\ a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times bw} = \frac{663,929 \times 400}{0,85 \times 30 \times 200} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 52 \text{ mm} \\
 Cc' &= 0,85 \times bw \times fc' \times a = 0,85 \times 200 \times 30 \times 52 \\
 &= 265571,429 \text{ N} \\
 Cs' &= As \text{ pakai} \times fy = 663,929 \times 400 \\
 &= 265571,429 \text{ N} \\
 Mn &= \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d')) \\
 &= \left( 265571,429 \times \left( 243,5 - \frac{52}{2} \right) \right) + (265571,429 \times (243,5 - 56,5)) \\
 &= 107413972,2 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned}
 Mn \text{ pasang} &\geq Mu \\
 0,9 Mn &\geq 36277200 \text{ Nmm} \\
 0,9 (107413972,2) \text{ Nmm} &\geq 36277200 \text{ Nmm} \\
 96672574,97 \text{ Nmm} &\geq 36277200 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

#### Kontrol Kemampuan Penampang

$$\begin{aligned}
 As \text{ pasang tulangan tekan} &= 2D13 \\
 a &= \frac{As \times fy}{0,85 \times fc' \times bw} = \frac{265,571 \times 400}{0,85 \times 30 \times 200} \\
 &= 21 \text{ mm} \\
 Cc' &= 0,85 \times bw \times fc' \times a = 0,85 \times 200 \times 30 \times 21 \\
 &= 106228,571 \text{ N} \\
 Cs' &= As \text{ pakai} \times fy = 265,571 \times 400 \\
 &= 106228,571 \text{ N} \\
 Mn &= \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d')) \\
 &= \left( 106228,571 \times \left( 243,5 - \frac{12}{2} \right) \right) + (106228,571 \times (243,5 - 56,5)) \\
 &= 44625075,55 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned}
 Mn \text{ pasang} &\geq Mu \\
 0,9 Mn &\geq 36277200 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$



$$0,9 (44625075,55) \text{Nmm} \geq 36277200 \text{ Nmm}$$

$$401625568 \text{ Nmm} \geq 36277200 \text{ Nmm}$$

**(Memenuhi)**

- Daerah Tumpuan Kanan

$$\begin{aligned} \text{Output SAP Mu Tumpuan} &= 236,81 \text{ kgm} \\ &= 2368100 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Momen Nominal Tumpuan

$$\begin{aligned} M_n &= M_u / \phi \\ &= 2368100 / 0,9 \\ &= 2631222,222 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Cek Syarat Nominal Tulangan Lentur Rangkap

Syarat:

$M_{ns} > 0$ , maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0$ , maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$\begin{aligned} M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\ &= 2631222,222 - 116882437,500 \\ &= -114251215 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Maka tidak perlu tulangan lentur rangkap, sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$\rho_b = 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f_c'}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

*Bab 2.4.1.2.1 Persamaan 2.24*

$$\begin{aligned} &= 0,85 \times 0,85 \times \frac{30}{400} \times \left( \frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,033 \\ \rho_{\min} &= 1,4 / f_y = 1,4 / 400 \\ &= 0,0035 \\ \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,033 \\ &= 0,024 \\ R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{2631222,222}{1000 \times 243,5^2} \\ &= 0,222 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30} \\
 &= 15,686 \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15,686} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(15,686)(0,222)}{400}} \right) \\
 &= 0,00056
 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &< \rho_{\text{perlu}} &< \rho_{\max} \\
 0,0035 &< 0,00056 &< 0,024
 \end{aligned}$$

**(Tidak Memenuhi)**

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} \text{ dinaikkan } 30\% &= 1,3 \rho_{\text{perlu}} \\
 &= 1,3 \times 0,00056 \\
 &= 0,0007 < \rho_{\min}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan  $\rho_{\min} = 0,0035$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,0035 \times 1000 \times 243,5 \\
 &= 170,450 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang ( $A_s$ )

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu} &= A_s + \frac{Al}{3} = 170,450 + 103,355 \\
 &= 273,805 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan dengan diameter D13

$$\begin{aligned}
 \text{Luas} &= \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 13^2 \\
 &= 132,732 \text{ mm}^2 \\
 n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas Tulangan}} = \frac{273,805}{132,732} \\
 &= 2,063 \approx 5
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} = 5 \times 132,732 \\
 &= 662,929 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &> \text{As perlu} \\ 662,929 \text{ mm}^2 &> 273,805 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

Luasan Pasang Tulangan Lentur Tekan (As')

$$\begin{aligned} \text{As}' &= 0,3\text{As} = 0,3 \times 273,805 \\ &= 82,142 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan dengan diameter D13

$$\text{Luas} = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 13^2$$

$$= 132,732 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\text{Luas Tulangan}} = \frac{82,142}{132,732}$$

$$= 0,619 \approx 2$$

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} = 2 \times 132,732 \\ &= 265,571 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &> \text{As perlu} \\ 265,571 \text{ mm}^2 &> 82,142 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Syarat:

$$S_{\max} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\max} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Direncanakan dipakai tulangan tarik 5D13 dan tulangan tekan 2D13

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{\max} = \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{juml.tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlahtulangan} - 1}$$

$$S_{\max} = \frac{200 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (5 \times 13)}{5 - 1}$$

$$= 8,75 \text{ mm}$$

$S_{\max} = 30,50 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$  ,maka disusun lebih dari satu lapis.

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{\max} = \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset_{\text{geser}}) - (\text{juml.tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlahtulangan} - 1}$$

$$S_{\max} = \frac{200 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (2 \times 13)}{2 - 1}$$

$$= 74,00 \text{ mm}$$

$S_{\max} = 74,00 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$  ,maka disusun satu lapis.

Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Lentur pada Balok  
Dijelaskan pada SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.1, boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom di ujung komponen tersebut. Momen lentur tumpuan (+)  $\geq 1/3$  Momen lentur tumpuan (-).

Maka ditinjau berdasarkan As pasang

$$\begin{aligned} A_{s\text{pasang}} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset_{\text{lentur}} \\ &= 5 \times 0,25 \times \pi \times 13^2 \\ &= 663,929 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s'} \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset_{\text{lentur}} \\ &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 13^2 \\ &= 265,571 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M \text{ lentur tumpuan (+)} &\geq 1/3 M \text{ lentur tumpuan (-)} \\ 265,571 \text{ mm}^2 &\geq 1/3 \times 663,929 \text{ mm}^2 \\ 265,571 \text{ mm}^2 &\geq 221,310 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)} \end{aligned}$$

Jadi daerah tumpuan kiri dipasang:

$$\text{Tulangan Tarik} = 5D13$$

$$\text{Tulangan Tekan} = 2D13$$

Kontrol Kemampuan Penampang

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pasang tulangan tarik}} &= 5D13 \\ a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times bw} = \frac{663,929 \times 400}{0,85 \times 30 \times 200} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 52 \text{ mm} \\
 Cc' &= 0,85 \times bw \times fc' \times a = 0,85 \times 200 \times 30 \times 52 \\
 &= 265571,429 \text{ N} \\
 Cs' &= As \text{ pakai} \times fy = 663,929 \times 400 \\
 &= 265571,429 \text{ N} \\
 Mn &= \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d')) \\
 &= \left( 265571,429 \times \left( 243,5 - \frac{31}{2} \right) \right) + (265571,429 \times (243,5 - 56,5)) \\
 &= 107413972,2 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned}
 Mn \text{ pasang} &\geq Mu \\
 0,9 Mn &\geq 2368100 \text{ Nmm} \\
 0,9 (107413972,2) \text{ Nmm} &\geq 2368100 \text{ Nmm} \\
 96672574,97 \text{ Nmm} &\geq 2368100 \text{ Nmm} \quad (\text{Memenuhi})
 \end{aligned}$$

#### Kontrol Kemampuan Penampang

$$\begin{aligned}
 \text{As pasang tulangan tekan} &= 2D13 \\
 a &= \frac{As \times fy}{0,85 \times fc' \times bw} = \frac{265,571 \times 400}{0,85 \times 30 \times 200} \\
 &= 21 \text{ mm} \\
 Cc' &= 0,85 \times bw \times fc' \times a = 0,85 \times 200 \times 30 \times 21 \\
 &= 106228,571 \text{ N} \\
 Cs' &= As \text{ pakai} \times fy = 265,571 \times 400 \\
 &= 106228,571 \text{ N} \\
 Mn &= \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d')) \\
 &= \left( 106228,571 \times \left( 243,5 - \frac{21}{2} \right) \right) + (106228,571 \times (243,5 - 56,5)) \\
 &= 44625075,55 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned}
 Mn \text{ pasang} &\geq Mu \\
 0,9 Mn &\geq 2368100 \text{ Nmm} \\
 0,9 (44625075,55) \text{ Nmm} &\geq 2368100 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$40162568 \text{ Nmm} \geq 2368100 \text{ Nmm}$$

**(Memenuhi)**

- Daerah Lapangan

$$\begin{aligned} \text{Output SAP Mu Lapangan} &= 1541,15 \text{ kgm} \\ &= 15411500 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Momen Nominal Lapangan

$$\begin{aligned} M_n &= M_u / \phi \\ &= 15411500 / 0,9 \\ &= 17123888,889 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Cek Syarat Nominal Tulangan Lentur Rangkap

Syarat:

$M_{ns} > 0$ , maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0$ , maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$\begin{aligned} M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\ &= 17123888,889 - 116882437,500 \\ &= -99760215,3 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Maka tidak perlu tulangan lentur rangkap, sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$\rho_b = 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f_c'}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

*Bab 2.4.1.2.1 Persamaan 2.24*

$$\begin{aligned} &= 0,85 \times 0,85 \times \frac{30}{400} \times \left( \frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,033 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= 1,4 / f_y = 1,4 / 400 \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,033 \\ &= 0,024 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{17123888,889}{1000 \times 243,5^2} \\ &= 1,444 \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,686$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,686} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(15,686)(1,444)}{400}} \right) \\ &= 0,00372 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \\ 0,0035 &< 0,00372 < 0,024 \end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

Maka digunakan  $\rho_{\text{perlu}} = 0,00372$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,00372 \times 1000 \times 243,5 \\ &= 235,395 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang ( $A_s$ )

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= A_s + \frac{A_l}{3} = 235,395 + 103,355 \\ &= 338,750 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan dengan diameter D13

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 13^2 \\ &= 132,732 \text{ mm}^2 \\ n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas Tulangan}} = \frac{338,750}{132,732} \\ &= 2,552 \approx 3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} = 3 \times 132,732 \\ &= 398,357 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &> A_s \text{ perlu} \\ 398,357 \text{ mm}^2 &> 338,750 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Luasan Pasang Tulangan Lentur Tekan ( $A_s'$ )

$$A_s' = 0,3A_s = 0,3 \times 338,750 \text{ mm}^2 = 101,625 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan dengan diameter D13

$$\text{Luas} = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 13^2$$

$$= 132,732 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas Tulangan}} = \frac{101,625}{132,732}$$

$$= 0,766 \approx 2$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} = 2 \times 132,732 \\ &= 265,571 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &> A_s \text{ perlu} \\ 265,571 \text{ mm}^2 &> 132,732 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Syarat:

$$S_{\max} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\max} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Direncanakan dipakai tulangan tarik 3D13 dan tulangan tekan 2D13

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{\max} = \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \text{Øgeser}) - (\text{juml.tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlahtulangan} - 1}$$

$$S_{\max} = \frac{200 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (4 \times 13)}{3 - 1}$$

$$= 30,50 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 30,50 \text{ mm} > 25 \text{ mm}, \text{ maka disusun satu lapis.}$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{\max} = \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \text{Øgeser}) - (\text{juml.tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlahtulangan} - 1}$$

$$S_{\max} = \frac{200 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (2 \times 13)}{2 - 1}$$



$$= 74,00 \text{ mm}$$

$S_{\max} = 74,00 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$ , maka disusun satu lapis.

Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Lentur pada Balok

Dijelaskan pada SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.1, boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom di ujung komponen tersebut. Momen lentur tumpuan (+)  $\geq 1/3$  Momen lentur tumpuan (-).

Maka ditinjau berdasarkan As pasang

$$\begin{aligned} A_{s\text{pasang}} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset_{\text{lentur}} \\ &= 3 \times 0,25 \times \pi \times 13^2 \\ &= 398,357 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s' \text{ pasang}} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset_{\text{lentur}} \\ &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 13^2 \\ &= 265,571 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq 1/3 M \text{ lentur tumpuan (-)}$$

$$265,571 \text{ mm}^2 \geq 1/3 \times 398,357 \text{ mm}^2$$

$$265,571 \text{ mm}^2 \geq 132,786 \text{ mm}^2 \text{ (**Memenuhi**)}$$

Jadi daerah tumpuan kiri dipasang:

$$\text{Tulangan Tarik} = 3D13$$

$$\text{Tulangan Tekan} = 2D13$$

Kontrol Kemampuan Penampang

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pasang tulangan tarik}} &= 3D13 \\ a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b_w} = \frac{398,357 \times 400}{0,85 \times 30 \times 200} \\ &= 31 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times b_w \times f_c' \times a = 0,85 \times 200 \times 30 \times 31 \\ &= 159342,857 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cs' &= A_s \text{ pakai} \times f_y = 398,357 \times 400 \\ &= 159342,857 \text{ N} \end{aligned}$$

$$M_n = \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d'))$$

$$= \left( 159342,857 \times \left( 243,5 - \frac{31}{2} \right) \right) + (1159342,857 \times (243,5 - 56,5))$$

$$= 66107869,99 \text{ Nmm}$$

Maka:

$$\begin{aligned} \text{Mn pasang} &\geq \text{Mu} \\ 0,9 \text{ Mn} &\geq 15411500 \text{ Nmm} \\ 0,9 (66107869,99) \text{ Nmm} &\geq 15411500 \text{ Nmm} \\ 59497082,99 \text{ Nmm} &\geq 15411500 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

Kontrol Kemampuan Penampang

$$\begin{aligned} \text{As pasang tulangan tekan} &= 2\text{D}13 \\ a &= \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b \times w} = \frac{265,571 \times 400}{0,85 \times 30 \times 200} \\ &= 21 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times b \times w \times f_c' \times a = 0,85 \times 200 \times 30 \times 21 \\ &= 106228,571 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cs' &= As \text{ pakai} \times f_y = 265,571 \times 400 \\ &= 106228,571 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mn} &= \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d')) \\ &= \left( 106228,571 \times \left( 243,5 - \frac{21}{2} \right) \right) + (106228,571 \times (243,5 - 56,5)) \\ &= 446205075,55 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} \text{Mn pasang} &\geq \text{Mu} \\ 0,9 \text{ Mn} &\geq 15411500 \text{ Nmm} \\ 0,9 (446205075,55) \text{ Nmm} &\geq 15411500 \text{ Nmm} \\ 40162568 \text{ Nmm} &\geq 15411500 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

f. Penulangan Geser

Berdasarkan perhitungan tulangan lentur balok didapatkan:

- Momen Nominal Kiri

Momen nominal kiri diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan kiri, hasil luasan tulangan adalah sebagai berikut:

As pakai tulangan tarik  $\rightarrow 5D13 = 663,929 \text{ mm}^2$

As pakai tulangan tekan  $\rightarrow 2D13 = 265,571 \text{ mm}^2$

$$a = \frac{As_{tekan} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b_w} = \frac{265,571 \times 400}{0,85 \times 30 \times 250}$$

$$= 21 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{nl} &= As_{tarik} \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 663,929 \times 400 \times \left( 243,5 - \frac{21}{2} \right) \\ &= 24760332,69 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

- Momen Nominal Kanan

Momen nominal kanan diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan, hasil luasan tulangan adalah sebagai berikut:

As pakai tulangan tarik  $\rightarrow 5D13 = 663,929 \text{ mm}^2$

As pakai tulangan tekan  $\rightarrow 2D13 = 265,571 \text{ mm}^2$

$$a = \frac{As_{tarik} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b_w} = \frac{663,929 \times 400}{0,85 \times 30 \times 250}$$

$$= 21 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{nr} &= As_{tarik} \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 663,929 \times 400 \times \left( 243,5 - \frac{21}{2} \right) \\ &= 57752115,05 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil output SAP akibat kombinasi 1,2D+1,6L+0,5Lr didapatkan nilai gaya geser terfaktor:

$$V_u = 2046,52 \text{ kg}$$

$$= 20465,2 \text{ N}$$

Gaya Geser pada ujung Perletakkan Diperoleh dari:

$$\begin{aligned} V_{u1} &= \frac{M_{n_l} + M_{n_r}}{\ell_n} + \frac{W_u \times \ell_n}{2} \\ &= \frac{M_{n_l} + M_{n_r}}{\ell_n} + V_u \end{aligned}$$

$$= \frac{24760332,69 + 57752115,05}{1475} \times 20465,2$$

$$= 66951,086 \text{ N}$$

#### Syarat Kuat Tekan Beton

Nilai dari  $\sqrt{f_c'}$  tidak boleh melebihi 8,3 MPa

$$\sqrt{f_c'} \leq 8,3 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{30} \leq 8,3 \text{ MPa}$$

$$5,477 \text{ MPa} \leq 8,3 \text{ MPa}$$

#### Kuat Geser Beton

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d \\ &= 0,17 \times 1 \times \sqrt{30} \times 200 \times 243,5 \\ &= 45345,951 \text{ N} \end{aligned}$$

#### Kuat Geser Tulangan Geser

$$V_s \text{ min} = \frac{1}{3} \times b_w \times d = \frac{1}{3} \times 200 \times 243,5$$

$$= 16233,333 \text{ N}$$

$$V_s \text{ max} = \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d = \frac{2}{3} \times \sqrt{30} \times 200 \times 243,5$$

$$= 177827,257 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d = \frac{1}{3} \times \sqrt{30} \times 200 \times 243,5$$

$$= 88913,629 \text{ N}$$

#### Pembagian Wilayah Geser Balok

Dalam perhitungan tulangan geser pada balok, wilayah balok dibagi menjadi tiga wilayah, wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan), yaitu sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom ke arah tengah bentang. lalu wilayah 2 (daerah lapangan), dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke  $\frac{1}{2}$  bentang balok.

### Penulangan Geser Balok

- Wilayah 1 dan 3 (Daerah Tumpuan)

$$V_{u1} = 66951,086 \text{ N}$$

Kondisi 1

$$V_u < 0,5 \phi V_c \rightarrow \text{Tidak perlu tulangan geser}$$

$$66951,086 \text{ N} < 17004,731 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

Kondisi 2

$$0,5 \phi V_c < V_u < \phi V_c \rightarrow \text{Tulangan geser minimum}$$

$$17004,731 \text{ N} < 66951,086 \text{ N} < 34009,463 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

Kondisi 3

$$\phi V_c < V_u < \phi(V_c + V_s \text{ min}) \rightarrow \text{Tulangan geser minimum}$$

$$34009,463 \text{ N} < 66951,086 \text{ N} < 46184,463 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

Kondisi 4

$$\phi(V_c + V_s \text{ min}) < V_u < \phi(V_c + V_s) \rightarrow \text{Perlu tulangan geser}$$

$$46184,463 \text{ N} < 66951,086 \text{ N} < 100694,684 \text{ N}$$

**(Memenuhi)**

Kondisi 5

$$\phi(V_c + V_s) < V_u < \phi(V_c + V_s \text{ maks}) \rightarrow \text{Perlu tulangan geser}$$

$$100694,684 \text{ N} < 66951,086 \text{ N} < 167379,906$$

**(Stop)**

Maka perencanaan tulangan geser tumpuan berdasarkan Kondisi 4.

$$V_s \text{ perlu} = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi}$$

$$= \frac{66951,086 - 34009,463}{0,75}$$

$$= 43922,164 \text{ N}$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_{s \text{ perlu}}}{f_y \times d}$$

$$= \frac{43922,164}{400 \times 243,5}$$

$$= 0,451 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_{\text{perlu}}}{s_{\text{perlu}}} &= \frac{2At}{s} + \frac{A_v}{s} \\ &= (2 \times 0,247) + 0,451 \\ &= 0,945 \text{ mm} \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan Ø10 mm dengan dua kaki, maka luasan tulangan geser:

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n_{\text{kaki}} = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \times 2 \\ &= 157,143 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak Tulangan Geser Perlu

$$S_{\text{perlu}} = \frac{A_{\text{perlu}}}{0,945} = \frac{157,143}{0,945}$$

$$= 166,26 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm}$$

Maka dipasang jarak 100 mm antar tulangan geser.

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser berdasarkan Kondisi 4

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &\leq d/2 & \text{atau} & & S_{\text{maks}} &\leq 300 \text{ mm} \\ 100 \text{ mm} &\leq 121,8 \text{ mm} & \text{atau} & & 100 \text{ mm} &\leq 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

Sehingga dipakai tulangan geser Ø10 mm jarak 100 mm.

- Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Geser pada Balok  
Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakkan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakkan. Spasi sengkang tidak boleh melebihi:

- $S_{\text{pakai}} \leq d/4$   
 $100 \text{ mm} < 60,88 \text{ mm}$  **(Tidak Memenuhi)**
- $S_{\text{pakai}} \leq 8 \times \emptyset_{\text{tulangan longitudinal}}$   
 $100 \text{ mm} < 104 \text{ mm}$  **(Memenuhi)**

$$\begin{aligned} \blacksquare S_{\text{pakai}} &\leq 24 \times \emptyset_{\text{tulangan lsengakang}} \\ 100 \text{ mm} &< 240 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \blacksquare S_{\text{pakai}} &\leq 300 \text{ mm} \\ 100 \text{ mm} &< 300 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

- Wilayah 2 (Daerah Lapangan)

$$\begin{aligned} \frac{Vu_2}{0,5\ell n - 2h} &= \frac{Vu_1}{0,5\ell n} \\ Vu_2 &= \frac{Vu_1 \times (0,5\ell n - 2h)}{0,5\ell n} \\ &= \frac{66951,086 \times (0,5(1475) - 2(300))}{0,5(1475)} \end{aligned}$$

$$Vu_2 = 26271,945 \text{ N}$$

Kondisi 1

$$\begin{aligned} Vu &< 0,5 \phi Vc \rightarrow \text{Tidak perlu tulangan geser} \\ 26271,945 \text{ N} &< 17004,731 \text{ N} \end{aligned}$$

**(Tidak Memenuhi)**

Kondisi 2

$$\begin{aligned} 0,5 \phi Vc < Vu < \phi Vc &\rightarrow \text{Tulangan geser minimum} \\ 17004,731 \text{ N} &< 26271,945 \text{ N} < 34009,463 \text{ N} \end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

Kondisi 3

$$\begin{aligned} \phi Vc < Vu < \phi(Vc + Vs \text{ min}) &\rightarrow \text{Tulangan geser minimum} \\ 34009,463 \text{ N} &< 26271,945 \text{ N} < 46184,463 \text{ N} \end{aligned}$$

**(Stop)**

Kondisi 4

$$\begin{aligned} \phi(Vc + Vs \text{ min}) < Vu < \phi(Vc + Vs) &\rightarrow \text{Perlu tulangan geser} \\ 46184,463 \text{ N} &< 26271,945 \text{ N} < 100694,684 \text{ N} \end{aligned}$$

**(Stop)**

Kondisi 5

$$\begin{aligned} \phi(Vc + Vs) < Vu < \phi(Vc + Vs \text{ maks}) &\rightarrow \text{Perlu tulangan geser} \\ 100694,684 \text{ N} &< 26271,945 \text{ N} < 167379,906 \text{ N} \end{aligned}$$

**(Stop)**

Maka perencanaan tulangan geser tumpuan berdasarkan Kondisi 3.

$$\begin{aligned} V_s \text{ min} &= 1/3 \times b_w \times d \\ &= 1/3 \times 200 \times 243,5 \\ &= 16233,33 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_v}{s} &= \frac{V_{\text{perlu}}}{f_y \times d} \\ &= \frac{16233,33}{400 \times 243,5} \\ &= 0,167 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_{\text{perlu}}}{s_{\text{perlu}}} &= \frac{2A_t}{s} + \frac{A_v}{s} \\ &= (2 \times 0,247) + 0,167 \\ &= 0,661 \text{ mm} \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan Ø10 mm dengan dua kaki, maka luasan tulangan geser:

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n_{\text{kaki}} = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \times 2 \\ &= 157,143 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak Tulangan Geser Perlu

$$\begin{aligned} S_{\text{perlu}} &= \frac{A_{\text{perlu}}}{0,661} = \frac{157,143}{0,661} \\ &= 237,78 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipasang jarak 150 mm antar tulangan geser.

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser berdasarkan Kondisi 3

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &\leq d/2 & \text{atau} & & S_{\text{maks}} &\leq 300 \text{ mm} \\ 100 \text{ mm} &\leq 126,8 \text{ mm} & \text{atau} & & 100 \text{ mm} &\leq 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

Sehingga dipakai tulangan geser Ø10 mm jarak 150 mm.



- Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Geser pada Balok Senggang harus dispasikan tidak melebihi dari  $d/2$  sepanjang panjang balok.

$$\blacksquare S_{\text{pakai}} \leq d/2$$

$$150 \text{ mm} < 126,8 \text{ mm} \quad \textbf{(Tidak Memenuhi)}$$

- g. Perhitungan Panjang Penyaluran dan Kontrol Retak Penyaluran Tulangan dalam Kondisi Tarik

$$\ell_d = \frac{f_y \times \psi_t \times \psi_e}{1,7 \times \lambda \times \sqrt{f_c'}} \times db$$

dimana:

$\Psi_t$  = faktor lokasi penulangan, digunakan 1,0

$\Psi_e$  = faktor pelapis, digunakan 1,0

Sehingga:

$$\begin{aligned} \ell_d &= \frac{400 \times 1,0 \times 1,0}{1,7 \times 1,0 \times \sqrt{30}} \times 13 \\ &= 558,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda \text{ reduksi} &= \frac{As_{\text{perlu}}}{As_{\text{pasang}}} \times \lambda d \\ &= \frac{550,542}{663,929} \times 558,5 \\ &= 463,1 \text{ mm} \approx 500 \text{ mm} \end{aligned}$$

Penyaluran Tulangan dalam Kondisi Tekan

$$\begin{aligned} \ell_d &= \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times db \\ &= \frac{0,24 \times 400}{1,0 \times \sqrt{30}} \times 13 \end{aligned}$$

$$= 227,9 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \ell_d &= 0,034 \times f_y \times db \\ &= 0,034 \times 400 \times 13 \\ &= 176,8 \text{ mm} \end{aligned}$$

diambil nilai  $\ell_d$  terbesar yaitu 227,9 mm

$$\begin{aligned}\lambda \text{ reduksi} &= \frac{As_{perlu}}{As_{pasang}} \times \lambda d \\ &= \frac{550,542}{663,929} \times 227,9 \\ &= 188,9 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm}\end{aligned}$$

Penyaluran Tulangan Berkait dalam Kondisi Tarik

$$\begin{aligned}l_d &= \frac{0,24 \times \psi_e \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b \\ &= \frac{0,24 \times 1,0 \times 400}{1,0 \times \sqrt{30}} \times 13 \\ &= 227,9 \text{ mm} \\ \lambda \text{ reduksi} &= \frac{As_{perlu}}{As_{pasang}} \times \lambda d \\ &= \frac{550,542}{663,929} \times 227,9 \\ &= 188,9 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm}\end{aligned}$$

#### 4.4.3 Perhitungan Balok Anak

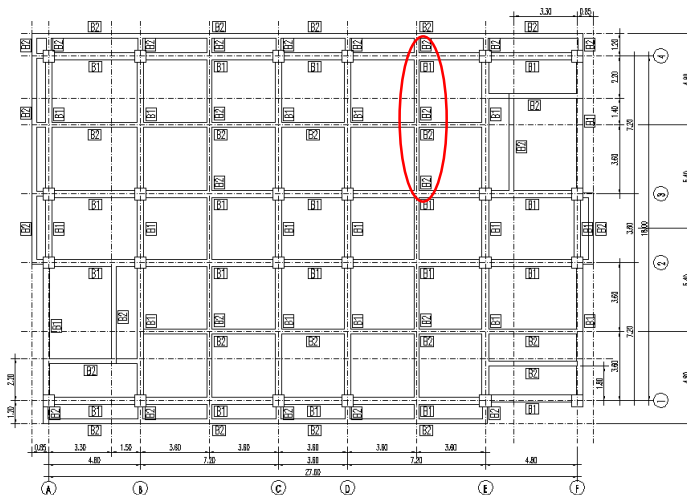
Perhitungan tulangan balok anak dengan dimensi (25x35) cm. Berikut ini adalah data perencanaan balok berdasarkan gambar denah pembalokan, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000. Selanjutnya akan dihitung dengan metode SRPMM.

➤ Data Perencanaan

Tipe Balok	= Balok Anak (B2)
Bentang = 7,2 m	= 7200 mm
b = 25 cm	= 250 mm
h = 35 cm	= 350 mm
Kolom :	
b = 60 cm	= 600 mm
h = 60 cm	= 600 mm
Mutu Beton ( $f_c'$ )	= 30 MPa
$f_y$ Lentur	= 400 MPa
$f_y$ Geser	= 400 MPa
$f_y$ Puntir	= 400 MPa

$\phi$ Lentur	= 0,9
$\phi$ Geser	= 0,75
$\phi$ Torsi	= 0,75
$\beta_1$	= 0,85
Tebal Selimut Beton	= 40 mm
Jarak Spasi Tulangan Sejajar	= 25 mm
Diameter Tulangan Lentur	= 13 mm
Diameter Tulangan Geser	= 10 mm
Diameter Tulangan Puntir	= 12 mm

➤ Sketsa



**Gambar 4. 57** Denah Balok yang Ditinjau, Tipe Balok Anak (B2)

➤ Perhitungan

a. Tinggi Efektif Balok

$$\begin{aligned}
 d &= h - \text{decking} - \phi_{\text{senggang}} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tulangan lentur}} \\
 &= 350 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \frac{1}{2} 13 \text{ mm} \\
 &= 293,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d' &= \text{decking} + \phi_{\text{senggang}} + \frac{1}{2} \phi_{\text{tulangan lentur}} \\
 &= 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + \frac{1}{2} 13 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$= 56,5 \text{ mm}$$

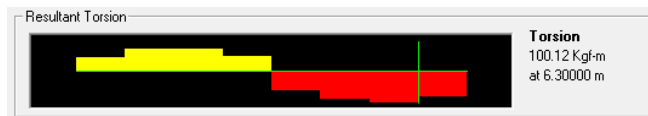
- b. Hasil Output dan Diagram Gaya Berdasarkan Analisa SAP 2000

Setelah dilakukan analisa menggunakan program SAP 2000, maka didapatkan hasil output dan diagram gaya dalam sehingga digunakan dalam proses perhitungan tulangan. Dari hasil output didapat nilai terbesar pada frame 25 pemodelan SAP 2000 dengan kombinasi pembebanan  $1,2D+1,0E_y+0,3E_x+1,0L$  dan berikut adalah hasil output analisa dari program SAP 2000:

#### Hasil Output Puntir

Kombinasi :  $1,2D+1,0E_y+0,3E_x+1,0L$ .

Momen Puntir : 100,12 kgm.



**Gambar 4. 58** Output SAP 2000 Momen Torsi Balok Anak (B2)

#### Hasil Output Diagram Momen Lentur

Kombinasi :  $1,2D+1,6L+0,5L_r$ .

Momen Tumpuan Kiri : 4670,70 kgm.



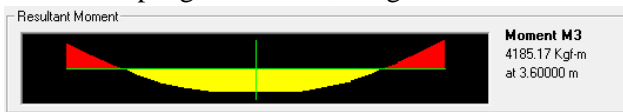
**Gambar 4. 59** Output SAP 2000 Momen Lentur Kiri Balok Anak (B2)

Kombinasi : 1,2D+1,6L+0,5Lr.  
Momen Tumpuan Kanan: 5382,09 kgm.



**Gambar 4. 60** Output SAP 2000 Momen Lentur Kanan  
Balok Anak (B2)

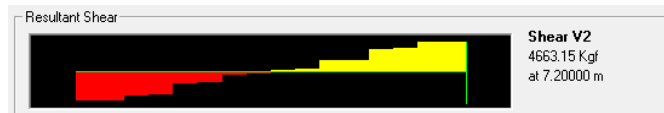
Kombinasi : 1,2D+1,6L+0,5Lr.  
Momen Lapangan : 1541,15 kgm.



**Gambar 4. 61** Output SAP 2000 Momen Lentur  
Lapangan Balok Anak (B2)

### Hasil Output Diagram Gaya Geser

Kombinasi : 1,2D+1,6L+0,5Lr.  
Gaya Geser : 4663,15 kg



**Gambar 4. 62** Output SAP 2000 Gaya Geser Balok  
Anak (B2)

- c. Periksa Dimensi Penampang
- Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton
$$\begin{aligned} A_{cp} &= b_{balok} \times h_{balok} = 250 \times 350 \\ &= 87500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$
  - Parameter luar irisna penampang beton  $A_{cp}$ 

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b_{balok} + h_{balok}) = 2 \times (250 + 350) \\ &= 1200 \text{ mm} \end{aligned}$$
  - Luas penampang dibatasi As tulangan sengkang
$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b_{balok} - 2t_{decking} - 2\emptyset) \times (h_{balok} - 2t_{decking} - 2\emptyset) \\ &= (250 - 2(40) - 2(10)) \times (350 - 2(40) - 2(10)) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 37500 \text{ mm}^2 \\
 - \text{ Keliling penampang dibatasi As tulangan sengkang} \\
 \text{Poh} &= 2[(b_{\text{balok}} - 2t_{\text{decking}} - 2\emptyset) + (h_{\text{balok}} - 2t_{\text{decking}} - 2\emptyset)] \\
 &= 2x[(250 - 2(40) - 2(10)) + (350 - 2(40) - 2(10))] \\
 &= 550 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

d. Penulangan Puntir

$$\begin{aligned}
 T_u &= 100,12 \text{ kgm} \\
 T_n &= \frac{T_u}{\phi} = \frac{100,12 \times 10^4}{0,75} \\
 &= 1334933,33 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$T_u \text{ min} = \phi 0,083 \lambda \sqrt{f_c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

*Bab 2.4.1.4 Persamaan 2.44*

$$\begin{aligned}
 &= (0,75) 0,083 (1) \sqrt{30} \left( \frac{87500^2}{1200} \right) \\
 &= 2175378,56 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$T_u \text{ max} = \phi 0,33 \lambda \sqrt{f_c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

*Bab 2.4.1.4 Persamaan 2.45*

$$\begin{aligned}
 &= (0,75) 0,33 (1) \sqrt{30} \left( \frac{87500^2}{1200} \right) \\
 &= 8649095,46 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Cek Pengaruh Momen Puntir

$$T_u < T_u \text{ min}$$

$$1001200 \text{ Nmm} < 2175378,56 \text{ Nmm}$$

Sehingga tidak memerlukan Tulangan Puntir.

e. Penulangan Lentur

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi:

$$1,2D + 1,6L + 0,5L_r$$

Garis Netral pada Kondisi Balance

$$\begin{aligned}
 X_b &= \frac{600}{600 + f_y} \times d = \frac{600}{600 + 400} \times 293,5 \\
 &= 176,100 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Garis Netral pada Kondisi Maksimum

$$\begin{aligned} X_{\max} &= 0,75 \times X_b = 0,75 \times 176,100 \\ &= 132,075 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral pada Kondisi Minimum

$$\begin{aligned} X_{\min} &= d' \\ &= 56,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Rencana

$$X_{\text{rencana}} = 150 \text{ mm}$$

Komponen Beton Tertekan

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times f_c' \times b_w \times \beta_1 \times X_{\text{rencana}} \\ &= 0,85 \times 30 \times 250 \times 0,85 \times 150 \\ &= 812812,5 \text{ N} \end{aligned}$$

Luas Tulangan Lentur Gaya Tarik Tulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{0,85 \times f_c' \times b_w \times \beta_1 \times X_{\text{rencana}}}{f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 30 \times 250 \times 0,85 \times 150}{400} \\ &= 2032,031 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luas Tulangan Lentur dan Gaya Tarik Tulangan

$$\begin{aligned} M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left( d - \frac{\beta_1 \times X_{\text{rencana}}}{2} \right) \\ &= 2032,031 \times 400 \times \left( 293,5 - \frac{0,85 \times 150}{2} \right) \\ &= 186743672 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

## - Daerah Tumpuan Kiri

$$\begin{aligned} \text{Output SAP Mu Tumpuan} &= 4670,7 \text{ kgm} \\ &= 46707000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Momen Nominal Tumpuan

$$\begin{aligned} M_n &= M_u / \phi \\ &= 46707000 / 0,9 \\ &= 51896666,7 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Cek Syarat Nominal Tulangan Lentur Rangkap

Syarat:

$M_{ns} > 0$ , maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0$ , maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$\begin{aligned} M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\ &= 51896666,7 - 186743672 \\ &= -134847005 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Maka tidak perlu tulangan lentur rangkap, sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$\rho_b = 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f_c'}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

*Bab 2.4.1.2.1 Persamaan 2.24*

$$\begin{aligned} &= 0,85 \times 0,85 \times \frac{30}{400} \times \left( \frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,033 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= 1,4/f_y = 1,4/400 \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,033 \\ &= 0,024 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{51896666,7}{1000 \times 293,5^2} \\ &= 2,41 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30} \\ &= 15,686 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,686} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(15,686)(2,41)}{400}} \right) \\ &= 0,00634 \end{aligned}$$



Syarat:

$$\begin{array}{lll} \rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \\ 0,0035 < 0,00634 < 0,024 & \text{(Memenuhi)} \end{array}$$

Maka digunakan  $\rho_{\text{perlu}} = 0,00634$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,00634 \times 1000 \times 293,5 \\ &= 465,180 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang ( $A_s$ )

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= A_s + \frac{Al}{3} = 465,180 + 0 \\ &= 465,180 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan dengan diameter D13

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 13^2 \\ n &= \frac{132,732 \text{ mm}^2}{A_s \text{ perlu}} = \frac{465,180}{132,732} \\ &= 3,5 \approx 5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} = 5 \times 132,732 \\ &= 663,929 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &> A_s \text{ perlu} \\ 663,929 \text{ mm}^2 &> 465,180 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

Luasan Pasang Tulangan Lentur Tekan ( $A_s'$ )

$$\begin{aligned} A_s' &= 0,3 A_s = 0,3 \times 465,180 \text{ mm}^2 \\ &= 139,554 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan dengan diameter D13

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 13^2 \\ &= 132,732 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{Luas Tulangan} = \frac{139,554}{132,732}$$

$$= 1,244 \approx 3$$

$$\begin{aligned} As \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} = 3 \times 132,732 \\ &= 398,357 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned} As \text{ pasang} &> As \text{ perlu} \\ 398,357 \text{ mm}^2 &> 139,554 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

#### Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Syarat:

$$S_{\max} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\max} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Direncanakan dipakai tulangan tarik 5D13 dan tulangan tekan 3D13

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{\max} = \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{juml.tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlahtulangan} - 1}$$

$$S_{\max} = \frac{250 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (5 \times 13)}{5 - 1}$$

$$= 21,25 \text{ mm}$$

$S_{\max} = 21,25 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$ , maka disusun lebih dari satu lapis.

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{\max} = \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{juml.tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlahtulangan} - 1}$$

$$S_{\max} = \frac{250 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (3 \times 13)}{3 - 1}$$

$$= 55,50 \text{ mm}$$

$S_{\max} = 55,50 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$ , maka disusun satu lapis.

#### Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Lentur pada Balok

Dijelaskan pada SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.1, boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang

bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom di ujung komponen tersebut. Momen lentur tumpuan (+)  $\geq 1/3$  Momen lentur tumpuan (-).

Maka ditinjau berdasarkan As pasang

$$\begin{aligned} A_{s\text{pasang}} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset_{\text{lentur}} \\ &= 5 \times 0,25 \times \pi \times 13^2 \\ &= 663,929 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s' \text{ pasang}} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset_{\text{lentur}} \\ &= 3 \times 0,25 \times \pi \times 13^2 \\ &= 398,357 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M \text{ lentur tumpuan (+)} &\geq 1/3 M \text{ lentur tumpuan (-)} \\ 398,357 \text{ mm}^2 &\geq 1/3 \times 663,929 \text{ mm}^2 \\ 398,357 \text{ mm}^2 &\geq 221,310 \text{ mm}^2 \text{ (**Memenuhi**)} \end{aligned}$$

Jadi daerah tumpuan kiri dipasang:

$$\text{Tulangan Tarik} = 5D13$$

$$\text{Tulangan Tekan} = 3D13$$

#### Kontrol Kemampuan Penampang

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pasang tulangan tarik}} &= 5D13 \\ a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b_w} = \frac{663,929 \times 400}{0,85 \times 30 \times 250} \\ &= 42 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_c' &= 0,85 \times b_w \times f_c' \times a = 0,85 \times 250 \times 30 \times 42 \\ &= 265571,429 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_s' &= A_s \text{ pakai} \times f_y = 663,929 \times 400 \\ &= 265571,429 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \left( C_c' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + (C_s' \times (d - d')) \\ &= \left( 265571,429 \times \left( 293,5 - \frac{42}{2} \right) \right) + (265571,429 \times (293,5 - 56,5)) \\ &= 135354021 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned}
 M_n \text{ pasang} &\geq M_u \\
 0,9 M_n &\geq 46707000 \text{ Nmm} \\
 0,9 (135354021) \text{ Nmm} &\geq 46707000 \text{ Nmm} \\
 121818619 \text{ Nmm} &\geq 46707000 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

Kontrol Kemampuan Penampang

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ pasang tulangan tekan} &= 3D13 \\
 a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b_w} = \frac{398,357 \times 400}{0,85 \times 30 \times 250} \\
 &= 25 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_c' &= 0,85 \times b_w \times f_c' \times a = 0,85 \times 250 \times 30 \times 25 \\
 &= 159342,857 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_s' &= A_s \text{ pakai} \times f_y = 398,357 \times 400 \\
 &= 159342,857 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \left( C_c' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + (C_s' \times (d - d')) \\
 &= \left( 159342,857 \times \left( 293,5 - \frac{25}{2} \right) \right) + (159342,857 \times (293,5 - 56,5)) \\
 &= 82540001,7 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned}
 M_n \text{ pasang} &\geq M_u \\
 0,9 M_n &\geq 46707000 \text{ Nmm} \\
 0,9 (82540001,7) \text{ Nmm} &\geq 46707000 \text{ Nmm} \\
 742860001,5 \text{ Nmm} &\geq 46707000 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

- Daerah Tumpuan Kanan

$$\begin{aligned}
 \text{Output SAP } M_u \text{ Tumpuan} &= 5382,09 \text{ kgm} \\
 &= 53820900 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Momen Nominal Tumpuan

$$\begin{aligned}
 M_n &= M_u / \phi \\
 &= 53820900 / 0,9 \\
 &= 59801000 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

### Cek Syarat Nominal Tulangan Lentur Rangkap

Syarat:

$M_{ns} > 0$ , maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0$ , maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$\begin{aligned} M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\ &= 59801000 - 186743672 \\ &= -126942672 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Maka tidak perlu tulangan lentur rangkap, sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

### Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$\rho_b = 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f_c'}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

*Bab 2.4.1.2.1 Persamaan 2.24*

$$\begin{aligned} &= 0,85 \times 0,85 \times \frac{30}{400} \times \left( \frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,033 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= 1,4/f_y = 1,4/400 \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,033 \\ &= 0,024 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{59801000}{1000 \times 293,5^2} \\ &= 2,78 \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30}$$

$$= 15,686$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,686} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(15,686)(2,78)}{400}} \right) \\ &= 0,0074 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{array}{lll} \rho_{\min} & < \rho_{\text{perlu}} & < \rho_{\max} \\ 0,0035 & < 0,0074 & < 0,024 \end{array}$$

**(Memenuhi)**

Maka digunakan  $\rho_{\min} = 0,0074$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0074 \times 1000 \times 293,5 \\ &= 540,619 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang ( $A_s$ )

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= A_s + \frac{A_l}{3} = 540,619 + 0 \\ &= 540,619 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan dengan diameter D13

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 13^2 \\ &= 132,732 \text{ mm}^2 \\ n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas Tulangan}} = \frac{540,619}{132,732} \\ &= 4,07 \approx 5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} = 5 \times 132,732 \\ &= 662,929 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{array}{ll} A_s \text{ pasang} & > A_s \text{ perlu} \\ 662,929 \text{ mm}^2 & > 540,619 \text{ mm}^2 \end{array}$$

**(Memenuhi)**

Luasan Pasang Tulangan Lentur Tekan ( $A_s'$ )

$$\begin{aligned} A_s' &= 0,3 A_s = 0,3 \times 540,619 \text{ mm}^2 \\ &= 162,186 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan dengan diameter D13

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 13^2 \\ &= 132,732 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{Luas Tulangan} = \frac{162,186}{132,732}$$

$$= 1,22 \approx 3$$

$$As \text{ pasang} = n \text{ pasang} \times \text{luas} = 3 \times 132,732$$

$$= 398,357 \text{ mm}^2$$

Kontrol:

$$As \text{ pasang} > As \text{ perlu}$$

$$398,357 \text{ mm}^2 > 162,186 \text{ mm}^2$$

**(Memenuhi)**

### Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Syarat:

$$S_{\max} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\max} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Direncanakan dipakai tulangan tarik 5D13 dan tulangan tekan 3D13

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{\max} = \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{juml.tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlahtulangan} - 1}$$

$$S_{\max} = \frac{250 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (5 \times 13)}{5 - 1}$$

$$= 21,25 \text{ mm}$$

$S_{\max} = 21,25 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$  ,maka disusun lebih dari satu lapis.

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{\max} = \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{juml.tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlahtulangan} - 1}$$

$$S_{\max} = \frac{250 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (3 \times 13)}{3 - 1}$$

$$= 55,50 \text{ mm}$$

$S_{\max} = 55,50 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$  ,maka disusun satu lapis.

### Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Lentur pada Balok

Dijelaskan pada SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.1, boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang

bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom di ujung komponen tersebut. Momen lentur tumpuan (+)  $\geq 1/3$  Momen lentur tumpuan (-).

Maka ditinjau berdasarkan As pasang

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pasang}}} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset_{\text{lentur}} \\ &= 5 \times 0,25 \times \pi \times 13^2 \\ &= 663,929 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s'_{\text{pasang}}} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset_{\text{lentur}} \\ &= 3 \times 0,25 \times \pi \times 13^2 \\ &= 398,357 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M \text{ lentur tumpuan (+)} &\geq 1/3 M \text{ lentur tumpuan (-)} \\ 398,357 \text{ mm}^2 &\geq 1/3 \times 663,929 \text{ mm}^2 \\ 398,357 \text{ mm}^2 &\geq 221,310 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)} \end{aligned}$$

Jadi daerah tumpuan kiri dipasang:

$$\text{Tulangan Tarik} = 5D13$$

$$\text{Tulangan Tekan} = 3D13$$

#### Kontrol Kemampuan Penampang

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pasang tulangan tarik}} &= 5D13 \\ a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b_w} = \frac{663,929 \times 400}{0,85 \times 30 \times 250} \\ &= 42 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times b_w \times f_c' \times a = 0,85 \times 250 \times 30 \times 42 \\ &= 265571,429 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cs' &= A_{s \text{ pakai}} \times f_y = 663,929 \times 400 \\ &= 265571,429 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d')) \\ &= \left( 265571,429 \times \left( 293,5 - \frac{42}{2} \right) \right) + (265571,429 \times (293,5 - 56,5)) \\ &= 135354021 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} M_n \text{ pasang} &\geq M_u \\ 0,9 M_n &\geq 53820900 \text{ Nmm} \end{aligned}$$



$$0,9 (135354021) \text{Nmm} \geq 53820900 \text{ Nmm}$$

$$121818619 \text{ Nmm} \geq 53820900 \text{ Nmm}$$

**(Memenuhi)**

#### Kontrol Kemampuan Penampang

$$\text{As pasang tulangan tekan} = 3\text{D}13$$

$$a = \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b_w} = \frac{398,357 \times 400}{0,85 \times 30 \times 250}$$

$$= 25 \text{ mm}$$

$$Cc' = 0,85 \times b_w \times f_c' \times a = 0,85 \times 250 \times 30 \times 25$$

$$= 159342,857 \text{ N}$$

$$Cs' = As \text{ pakai} \times f_y = 398,357 \times 400$$

$$= 159342,857 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} Mn &= \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d')) \\ &= \left( 159342,857 \times \left( 293,5 - \frac{25}{2} \right) \right) + (159342,857 \times (293,5 - 56,5)) \end{aligned}$$

$$= 82540001,7 \text{ Nmm}$$

Maka:

$$Mn \text{ pasang} \geq Mu$$

$$0,9 Mn \geq 53820900 \text{ Nmm}$$

$$0,9 (82540001,7) \text{Nmm} \geq 53820900 \text{ Nmm}$$

$$742860001,5 \text{ Nmm} \geq 53820900 \text{ Nmm}$$

**(Memenuhi)**

- Daerah Lapangan

$$\text{Output SAP Mu Lapangan} = 4185,17 \text{ kgm}$$

$$= 41851700 \text{ Nmm}$$

#### Momen Nominal Lapangan

$$Mn = Mu / \phi$$

$$= 41851700 / 0,9$$

$$= 46501888,9 \text{ Nmm}$$

#### Cek Syarat Nominal Tulangan Lentur Rangkap

Syarat:

$Mns > 0$ , maka perlu tulangan lentur tekan

$Mns \leq 0$ , maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$\begin{aligned}
 M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\
 &= 46501888,9 - 186743672 \\
 &= -140241783 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Maka tidak perlu tulangan lentur rangkap, sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

#### Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$\rho_b = 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f_c'}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

*Bab 2.4.1.2.1 Persamaan 2.24*

$$\begin{aligned}
 &= 0,85 \times 0,85 \times \frac{30}{400} \times \left( \frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &= 0,033 \\
 \rho_{\min} &= 1,4/f_y = 1,4/400 \\
 &= 0,0035 \\
 \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,033 \\
 &= 0,024 \\
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{46501888,9}{1000 \times 293,5^2} \\
 &= 2,16 \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30} \\
 &= 15,686 \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15,686} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(15,686)(2,16)}{400}} \right) \\
 &= 0,00565
 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &< \rho_{\text{perlu}} &< \rho_{\max} \\
 0,0035 &< 0,00565 &< 0,024
 \end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

Maka digunakan  $\rho_{\text{perlu}} = 0,00565$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,00565 \times 1000 \times 243,5 \\ &= 414,459 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang ( $A_s$ )

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= A_s + \frac{A_l}{3} = 414,459 + 0 \\ &= 414,459 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan dengan diameter D13

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 13^2 \\ &= 132,732 \text{ mm}^2 \\ n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas Tulangan}} = \frac{414,459}{132,732} \\ &= 3,12 \approx 4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} = 4 \times 132,732 \\ &= 531,143 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &> A_s \text{ perlu} \\ 531,143 \text{ mm}^2 &> 414,459 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Luasan Pasang Tulangan Lentur Tekan ( $A_s'$ )

$$\begin{aligned} A_s' &= 0,3 A_s = 0,3 \times 414,459 \text{ mm}^2 \\ &= 124,338 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan dengan diameter D13

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 13^2 \\ &= 132,732 \text{ mm}^2 \\ n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas Tulangan}} = \frac{124,338}{132,732} \\ &= 0,94 \approx 2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} &= 2 \times 132,732 \\ &= 265,571 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned}\text{As pasang} &> \text{As perlu} \\ 265,571 \text{ mm}^2 &> 124,338 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}\end{aligned}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Syarat:

$$S_{\max} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\max} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Direncanakan dipakai tulangan tarik 4D13 dan tulangan tekan 2D13

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{\max} = \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \text{Øgeser}) - (\text{juml.tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlahtulangan} - 1}$$

$$S_{\max} = \frac{250 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (4 \times 13)}{4 - 1}$$

$$= 32,67 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 32,67 \text{ mm} > 25 \text{ mm}, \text{ maka disusun satu lapis.}$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{\max} = \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \text{Øgeser}) - (\text{juml.tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlahtulangan} - 1}$$

$$S_{\max} = \frac{250 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (2 \times 13)}{2 - 1}$$

$$= 124,00 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 124,00 \text{ mm} > 25 \text{ mm}, \text{ maka disusun satu lapis.}$$

Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Lentur pada Balok

Dijelaskan pada SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.1, boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom di ujung komponen tersebut. Momen lentur tumpuan (+)  $\geq 1/3$  Momen lentur tumpuan (-).

Maka ditinjau berdasarkan As pasang

$$\begin{aligned}
 A_{s\text{pasang}} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset_{\text{lentur}} \\
 &= 4 \times 0,25 \times \pi \times 13^2 \\
 &= 531,143 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s' \text{ pasang}} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset_{\text{lentur}} \\
 &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 13^2 \\
 &= 265,571 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq 1/3 M \text{ lentur tumpuan (-)}$$

$$265,571 \text{ mm}^2 \geq 1/3 \times 531,143 \text{ mm}^2$$

$$265,571 \text{ mm}^2 \geq 177,048 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

Jadi daerah tumpuan kiri dipasang:

$$\text{Tulangan Tarik} = 4D13$$

$$\text{Tulangan Tekan} = 2D13$$

#### Kontrol Kemampuan Penampang

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ pasang tulangan tarik}} &= 4D13 \\
 a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b_w} = \frac{531,143 \times 400}{0,85 \times 30 \times 250}
 \end{aligned}$$

$$= 33 \text{ mm}$$

$$C_c' = 0,85 \times b_w \times f_c' \times a = 0,85 \times 250 \times 30 \times 33$$

$$= 212457,14 \text{ N}$$

$$C_s' = A_s \text{ pakai} \times f_y = 531,143 \times 400$$

$$= 212457,14 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \left( C_c' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + (C_s' \times (d - d')) \\
 &= \left( 212457,14 \times \left( 293,5 - \frac{33}{2} \right) \right) + (212457,14 \times (293,5 - 56,5))
 \end{aligned}$$

$$= 109168276 \text{ Nmm}$$

Maka:

$$M_n \text{ pasang} \geq M_u$$

$$0,9 M_n \geq 41851700 \text{ Nmm}$$

$$0,9 (109168276) \text{ Nmm} \geq 41851700 \text{ Nmm}$$

$$98251448,4 \text{ Nmm} \geq 41851700 \text{ Nmm}$$

**(Memenuhi)**

Kontrol Kemampuan Penampang

As pasang tulangan tekan = 2D13

$$a = \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c' \times bw} = \frac{265,571 \times 400}{0,85 \times 30 \times 250} = 17 \text{ mm}$$

$$Cc' = 0,85 \times bw \times f_c' \times a = 0,85 \times 250 \times 30 \times 17 = 106228,571 \text{ N}$$

$$Cs' = As \text{ pakai} \times f_y = 265,571 \times 400 = 106228,571 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} Mn &= \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + \left( Cs' \times (d - d'') \right) \\ &= \left( 106228,571 \times \left( 293,5 - \frac{17}{2} \right) \right) + \left( 106228,571 \times (293,5 - 56,5) \right) \\ &= 55469197,6 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Maka:

$$Mn \text{ pasang} \geq Mu$$

$$0,9 Mn \geq 41851700 \text{ Nmm}$$

$$0,9 (55469197,6) \text{ Nmm} \geq 41851700 \text{ Nmm}$$

$$49922277,8 \text{ Nmm} \geq 41851700 \text{ Nmm}$$

**(Memenuhi)**

## f. Penulangan Geser

Berdasarkan perhitungan tulangan lentur balok didapatkan:

## - Momen Nominal Kiri

Momen nominal kiri diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan kiri, hasil luasan tulangan adalah sebagai berikut:

$$As \text{ pakai tulangan tarik} \rightarrow 5D13 = 663,929 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ pakai tulangan tekan} \rightarrow 3D13 = 398,357 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{As \text{ tekan} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times bw} = \frac{398,357 \times 400}{0,85 \times 30 \times 250} = 25 \text{ mm}$$

$$Mnl = As \text{ tekan} \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= 398,357 \times 400 \times \left( 293,5 - \frac{25}{2} \right) \\
 &= 44775744,56 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

- Momen Nominal Kanan

Momen nominal kanan diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan, hasil luasan tulangan adalah sebagai berikut:

As pakai tulangan tarik  $\rightarrow 5D13 = 663,929 \text{ mm}^2$

As pakai tulangan tekan  $\rightarrow 3D13 = 398,357 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{As \text{ tarik} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times bw} = \frac{663,939 \times 400}{0,85 \times 30 \times 250} \\
 &= 42 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{nr} &= As \text{ tarik} \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 663,929 \times 400 \times \left( 293,5 - \frac{42}{2} \right) \\
 &= 72413592,04 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil output SAP akibat kombinasi 1,2D+1,6L+0,5Lr didapatkan nilai gaya geser terfaktor:

$$V_u = 5382,09 \text{ kg}$$

$$= 53820,9 \text{ N}$$

Gaya Geser pada ujung Perletakkan Diperoleh dari:

$$\begin{aligned}
 V_{u1} &= \frac{Mn_l + Mn_r}{\ell_n} + \frac{Wu \times \ell_n}{2} \\
 &= \frac{Mn_l + Mn_r}{\ell_n} + V_u \\
 &= \frac{44775744,56 + 72413592,04}{6600} + 53820,9 \\
 &= 70928,832 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Syarat Kuat Tekan Beton

Nilai dari  $\sqrt{f_c'}$  tidak boleh melebihi 8,3 MPa

$$\sqrt{f_c'} \leq 8,3 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{30} \leq 8,3 \text{ MPa}$$

$$5,477 \text{ MPa} \leq 8,3 \text{ MPa}$$

Kuat Geser Beton

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d \\
 &= 0,17 \times 1 \times \sqrt{30} \times 250 \times 293,5 \\
 &= 68321,543 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kuat Geser Tulangan Geser

$$\begin{aligned}
 V_{s \text{ min}} &= \frac{1}{3} \times b_w \times d = \frac{1}{3} \times 250 \times 293,5 \\
 &= 24458,333 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$V_{s \text{ max}} = \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d = \frac{2}{3} \times \sqrt{30} \times 250 \times 293,5$$

$$\begin{aligned}
 V_s &= \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d = \frac{1}{3} \times \sqrt{30} \times 250 \times 293,5 \\
 &= 133963,809 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Pembagian Wilayah Geser Balok

Dalam perhitungan tulangan geser pada balok, wilayah balok dibagi menjadi tiga wilayah, wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan), yaitu sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom ke arah tengah bentang. lalu wilayah 2 (daerah lapangan), dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke ½ bentang balok.

Penulangan Geser Balok

- Wilayah 1 dan 3 (Daerah Tumpuan)

$$V_{u1} = 70928,832 \text{ N}$$

Kondisi 1

$$V_u < 0,5 \phi V_c \rightarrow \text{Tidak perlu tulangan geser}$$

$$70928,832 \text{ N} < 25620,578 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

Kondisi 2

$$0,5 \phi V_c < V_u < \phi V_c \rightarrow \text{Tulangan geser minimum}$$

$$25620,578 \text{ N} < 70928,832 \text{ N} < 51241,157 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**



Kondisi 3

$\phi V_c < V_u < \phi(V_c + V_s \text{ min}) \rightarrow$  Tulangan geser minimum  
 $51241,157 \text{ N} < 70928,832 \text{ N} < 69584,907 \text{ N}$

**(Tidak Memenuhi)**

Kondisi 4

$\phi(V_c + V_s \text{ min}) < V_u < \phi(V_c + V_s) \rightarrow$  Perlu tulangan geser  
 $69584,907 \text{ N} < 70928,832 \text{ N} < 151714,013 \text{ N}$

**(Memenuhi)**

Kondisi 5

$\phi(V_c + V_s) < V_u < \phi(V_c + V_s \text{ maks}) \rightarrow$  Perlu tulangan geser  
 $151714,013 \text{ N} < 70928,832 \text{ N} < 252186,870 \text{ N}$

**(Stop)**

Maka perencanaan tulangan geser tumpuan berdasarkan Kondisi 4.

$$\begin{aligned}
 V_s \text{ perlu} &= \frac{V_u - \phi V_c}{\phi} \\
 &= \frac{70928,832 - 51241,157}{0,75} \\
 &= 26250,234 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{A_v}{s} &= \frac{V_{s \text{ perlu}}}{f_y \times d} \\
 &= \frac{26250,234}{400 \times 293,5} \\
 &= 0,224 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{A_{v \text{ perlu}}}{s_{\text{perlu}}} &= \frac{2A_t}{s} + \frac{A_v}{s} \\
 &= (2 \times 0,04) + 0,224 \\
 &= 0,313 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan  $\varnothing 10$  mm dengan dua kaki, maka luasan tulangan geser:

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times nkaki = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \times 2 \\ = 157,143 \text{ mm}^2$$

Jarak Tulangan Geser Perlu

$$S_{\text{perlu}} = \frac{A_{v\text{perlu}}}{0,313} = \frac{157,143}{0,313} \\ = 502,71 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm}$$

Maka dipasang jarak 100 mm antar tulangan geser.

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser berdasarkan Kondisi 4

$$S_{\text{maks}} \leq d/2 \quad \text{atau} \quad S_{\text{maks}} \leq 300 \text{ mm} \\ 100 \text{ mm} \leq 147 \text{ mm} \quad \text{atau} \quad 100 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm}$$

**(Memenuhi)**

Sehingga dipakai tulangan geser  $\varnothing 10$  mm jarak 100 mm.

- Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Geser pada Balok  
Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perlentakkan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakkan.

Spasi sengkang tidak boleh melebihi:

$$\blacksquare S_{\text{pakai}} \leq d/4 \\ 100 \text{ mm} < 73,38 \text{ mm} \quad \textbf{(Tidak Memenuhi)}$$

$$\blacksquare S_{\text{pakai}} \leq 8 \times \varnothing_{\text{tulangan longitudinal}} \\ 100 \text{ mm} < 104 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

$$\blacksquare S_{\text{pakai}} \leq 24 \times \varnothing_{\text{tulangan lsengkang}} \\ 100 \text{ mm} < 240 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

$$\blacksquare S_{\text{pakai}} \leq 300 \text{ mm} \\ 100 \text{ mm} < 300 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

- Wilayah 2 (Daerah Lapangan)

$$\frac{Vu_2}{0,5\ell_n - 2h} = \frac{Vu_1}{0,5\ell_n}$$

$$\begin{aligned}
 V_{u2} &= \frac{V_{u1} \times (0,5\ell n - 2h)}{0,5\ell n} \\
 &= \frac{70928,832 \times (0,5(6600) - 2(350))}{0,5(6600)}
 \end{aligned}$$

$$V_{u2} = 56432,429 \text{ N}$$

Kondisi 1

$$\begin{aligned}
 V_u &< 0,5 \phi V_c \rightarrow \text{Tidak perlu tulangan geser} \\
 56432,429 \text{ N} &< 25620,578 \text{ N}
 \end{aligned}$$

**(Tidak Memenuhi)**

Kondisi 2

$$\begin{aligned}
 0,5 \phi V_c < V_u < \phi V_c &\rightarrow \text{Tulangan geser minimum} \\
 25620,578 \text{ N} < 56432,429 \text{ N} < 51241,157 \text{ N}
 \end{aligned}$$

**(Tidak Memenuhi)**

Kondisi 3

$$\begin{aligned}
 \phi V_c < V_u < \phi(V_c + V_s \text{ min}) &\rightarrow \text{Tulangan geser minimum} \\
 51241,157 \text{ N} < 56432,429 \text{ N} < 69584,907 \text{ N}
 \end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

Kondisi 4

$$\begin{aligned}
 \phi(V_c + V_s \text{ min}) < V_u < \phi(V_c + V_s) &\rightarrow \text{Perlu tulangan geser} \\
 69584,907 \text{ N} < 56432,429 \text{ N} < 151714,013 \text{ N}
 \end{aligned}$$

**(Stop)**

Kondisi 5

$$\begin{aligned}
 \phi(V_c + V_s) < V_u < \phi(V_c + V_s \text{ maks}) &\rightarrow \text{Perlu tulangan geser} \\
 151714,013 \text{ N} < 56432,429 \text{ N} < 252186,870 \text{ N}
 \end{aligned}$$

**(Stop)**

Maka perencanaan tulangan geser tumpuan berdasarkan Kondisi 3.

$$\begin{aligned}
 V_s \text{ min} &= 1/3 \times b_w \times d \\
 &= 1/3 \times 250 \times 293,5 \\
 &= 24458,33 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{A_v}{s} &= \frac{V_{\text{perlu}}}{f_y \times d} \\
 &= \frac{24458,33}{400 \times 293,5}
 \end{aligned}$$

$$= 0,21 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_{\text{perlu}}}{s_{\text{perlu}}} &= \frac{2At}{s} + \frac{A_v}{s} \\ &= (2 \times 0,04) + 0,21 \\ &= 0,253 \text{ mm} \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan Ø10 mm dengan dua kaki, maka luasan tulangan geser:

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n_{\text{kaki}} = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \times 2 \\ &= 157,143 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak Tulangan Geser Perlu

$$\begin{aligned} S_{\text{perlu}} &= \frac{A_{\text{perlu}}}{0,253} = \frac{157,143}{0,253} \\ &= 157,143 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipasang jarak 150 mm antar tulangan geser.

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser berdasarkan Kondisi 3

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &\leq d/2 & \text{atau} & & S_{\text{maks}} &\leq 300 \text{ mm} \\ 150 \text{ mm} &\leq 147 \text{ mm} & \text{atau} & & 150 \text{ mm} &\leq 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

Sehingga dipakai tulangan geser Ø10 mm jarak 150 mm.

- Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Geser pada Balok Senggang harus dispasikan tidak melebihi dari  $d/2$  sepanjang panjang balok.

$$\blacksquare S_{\text{pakai}} \leq d/2$$

$$150 \text{ mm} < 147 \text{ mm} \quad \textbf{(Tidak Memenuhi)}$$

- g. Perhitungan Panjang Penyaluran dan Kontrol Retak Penyaluran Tulangan dalam Kondisi Tarik

$$l_d = \frac{f_y \times \psi_t \times \psi_e}{1,7 \times \lambda \times \sqrt{f_c'}} \times db$$

dimana:

$\Psi_t$  = faktor lokasi penulangan, digunakan 1,0

$\Psi_e$  = faktor pelapis, digunakan 1,0

Sehingga:

$$ld = \frac{400 \times 1,0 \times 1,0}{1,7 \times 1,0 \times \sqrt{30}} \times 13 = 558,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \lambda \text{ reduksi} &= \frac{Asperlu}{Aspasang} \times \lambda d \\ &= \frac{465,180}{663,929} \times 558,5 \\ &= 391,3 \text{ mm} \approx 600 \text{ mm} \end{aligned}$$

Penyaluran Tulangan dalam Kondisi Tekan

$$\begin{aligned} ld &= \frac{0,24 \times fy}{\lambda \times \sqrt{fc'}} \times db \\ &= \frac{0,24 \times 400}{1,0 \times \sqrt{30}} \times 13 \\ &= 227,9 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ld &= 0,034 \times fy \times db \\ &= 0,034 \times 400 \times 13 \\ &= 176,8 \text{ mm} \end{aligned}$$

diambil nilai  $ld$  terbesar yaitu 227,9 mm

$$\begin{aligned} \lambda \text{ reduksi} &= \frac{Asperlu}{Aspasang} \times \lambda d \\ &= \frac{465,180}{663,929} \times 227,9 \\ &= 159,645 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm} \end{aligned}$$

Penyaluran Tulangan Berkait dalam Kondisi Tarik

$$\begin{aligned} ld &= \frac{0,24 \times \psi e \times fy}{\lambda \times \sqrt{fc'}} \times db \\ &= \frac{0,24 \times 1,0 \times 400}{1,0 \times \sqrt{30}} \times 13 \\ &= 227,9 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\lambda \text{ reduksi} = \frac{Asperlu}{Aspasang} \times \lambda d$$

$$= \frac{465,180}{663,929} \times 227,9$$

$$= 159,645 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm}$$

#### 4.4.4 Perhitungan Balok Lift

Perhitungan tulangan balok lift dengan dimensi (25x35)cm. Berikut ini adalah data perencanaan balok berdasarkan gambar denah pembalokan, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000. Selanjutnya akan dihitung dengan metode SRPMM.

##### ➤ Data Perencanaan

Tipe Balok	= Balok Lift (B5)
Bentang = 5 m	= 5000 mm
b = 25 cm	= 250 mm
h = 35 cm	= 350 mm
Kolom :	
b = 60 cm	= 600 mm
h = 60 cm	= 600 mm
Mutu Beton ( $f_c'$ )	= 30 MPa
$f_y$ Lentur	= 400 MPa
$f_y$ Geser	= 400 MPa
$f_y$ Puntir	= 400 MPa
$\phi$ Lentur	= 0,9
$\phi$ Geser	= 0,75
$\phi$ Torsi	= 0,75
$\beta_1$	= 0,85
Tebal Selimut Beton	= 40 mm
Jarak Spasi Tulangan Sejajar	= 25 mm
Diameter Tulangan Lentur	= 13 mm
Diameter Tulangan Geser	= 12 mm
Diameter Tulangan Puntir	= 12 mm



berikut adalah hasil output analisa dari program SAP 2000:

### Hasil Output Puntir

Kombinasi : 1,2D+1,0Ex+0,3Ey+1,0L.

Momen Puntir : 316,95 kgm.



**Gambar 4. 64** Output SAP 2000 Momen Torsi Balok Lift

### Hasil Output Diagram Momen Lentur

Kombinasi : 1,2D+1,6L+0,5Lr

Momen Tumpuan Kiri : 2630,85 kgm.



**Gambar 4. 65** Output SAP 2000 Momen Lentur Kiri Balok Lift (B5)

Kombinasi : 1,2D+1,6L+0,5Lr.

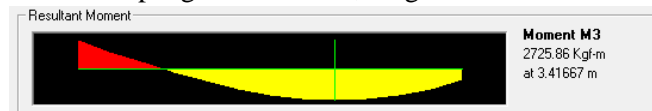
Momen Tumpuan Kanan : 963,24 kgm.



**Gambar 4. 66** Output SAP 2000 Momen Lentur Kanan Balok Lift (B5)

Kombinasi : 1,2D+1,6L+0,5Lr.

Momen Lapangan : 2725,86kgm.



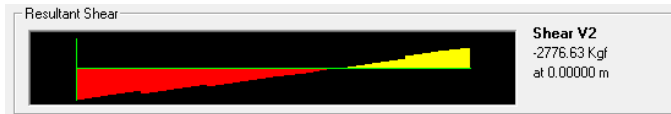
**Gambar 4. 67** Output SAP 2000 Momen Lentur Lapangan Balok Lift (B5)



### Hasil Output Diagram Gaya Geser

Kombinasi : 1,2D+1,0Ex+0,3Ey+1,0L.

Gaya Geser : 2451,32 kg



**Gambar 4. 68** Output SAP 2000 Gaya Geser Balok Lift (B5)

c. Periksa Dimensi Penampang

- Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b_{balok} \times h_{balok} = 250 \times 350 \\ &= 87500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Parameter luar irisna penampang beton  $A_{cp}$

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b_{balok} + h_{balok}) = 2 \times (250 + 350) \\ &= 1200 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Luas penampang dibatasi As tulangan sengkang

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b_{balok} - 2t_{decking} - 2\emptyset) \times (h_{balok} - 2t_{decking} - 2\emptyset) \\ &= (250 - 2(40) - 2(12)) \times (350 - 2(40) - 2(12)) \\ &= 35916 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Keliling penampang dibatasi As tulangan sengkang

$$\begin{aligned} P_{oh} &= 2[(b_{balok} - 2t_{decking} - 2\emptyset) + (h_{balok} - 2t_{decking} - 2\emptyset)] \\ &= 2 \times [(250 - 2(40) - 2(12)) + (350 - 2(40) - 2(12))] \\ &= 538 \text{ mm} \end{aligned}$$

d. Penulangan Puntir

$$T_u = 316,95 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned} T_n &= \frac{T_u}{\phi} = \frac{316,95 \times 10^4}{0,75} \\ &= 4226000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$T_{u \text{ min}} = \phi 0,083 \lambda \sqrt{f_c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

*Bab 2.4.1.4 Persamaan 2.44*

$$= (0,75) 0,083 (1) \sqrt{30} \left( \frac{87500^2}{1200} \right)$$

$$= 2175378,6 \text{ Nmm}$$

$$Tu_{\max} = \phi 0,33 \lambda \sqrt{f_c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

*Bab 2.4.1.4 Persamaan 2.45*

$$= (0,75) 0,33 (1) \sqrt{30} \left( \frac{87500^2}{1200} \right)$$

$$= 8649095,5 \text{ Nmm}$$

#### Cek Pengaruh Momen Puntir

$$Tu > Tu_{\min}$$

$$4226000 \text{ Nmm} > 2175378,6 \text{ Nmm}$$

Sehingga memerlukan Tulangan Puntir.

#### Tulangan Puntir untuk Lentur

Direncanakan tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir:

$$A_l = \frac{A_t}{s} \times Ph \times \left( \frac{F_{yt}}{f_y} \right) \times \cot^2 \theta$$

*Bab 2.4.1.4 Persamaan 2.49*

maka:

$$\begin{aligned} \frac{A_t}{s} &= \frac{T_n}{2 \times A_o \times F_{yt} \times \cot \theta} \\ &= \frac{4226000}{2 \times 35916 \times 400 \times \cot 45} \\ &= 0,147 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga tulangan puntir untuk lentur adalah:

$$\begin{aligned} A_l &= 0,147 \times 538 \times \left( \frac{400}{400} \right) \times \cot^2 45 \\ &= 79,129 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

#### Tulangan Puntir Longitudinal Minimum

$$\begin{aligned} \frac{A_t}{s} &\geq \frac{0,175 \times B_w}{F_{yt}} \\ 0,147 \text{ mm} &\geq \frac{0,175 \times 250}{400} \end{aligned}$$

$$0,147 \text{ mm} > 0,109 \text{ mm}$$

Maka nilai  $A_t/s$  diambil  $0,088 \text{ mm}^2$

Cek nilai  $A_l$  minimal

$$\begin{aligned} A_l \text{ min} &= \left( \frac{0,42 \times \sqrt{f_c'} \times A_{cp}}{f_y} - \frac{A_t}{s} \right) \times P_h \times \frac{f_{yt}}{f_y} \\ &= \left( \frac{0,42 \times 30 \times 8,75 \times 10^4}{400} - 0,109 \right) \times 538 \times \frac{400}{400} \\ &= 444,376 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat:

$A_{l\text{perlu}} \leq A_{l\text{min}}$ , maka menggunakan  $A_{l\text{min}}$

$A_{l\text{perlu}} \geq A_{l\text{min}}$ , maka menggunakan  $A_{l\text{perlu}}$

Cek :

$$\begin{aligned} A_{l\text{perlu}} &\leq A_{l\text{min}} \\ 79,129 \text{ mm}^2 &\leq 444,376 \text{ mm}^2 \\ \text{maka menggunakan } A_{l\text{min}} &= 444,376 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan Arah Memanjang dibagi 4 sisi

$$\begin{aligned} A_{l\text{min}}/3 &= 444,376 \text{ mm}^2/3 \\ &= 148,125 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Penyebaran Tulangan Torsi

Pada sisi atas = disalurkan pada tulangan tarik balok.

Pada sisi bawah = disalurkan pada tulangan tekan balok.

Pada sisi samping mendapatkan tambahan sebesar:

$$1/3 A_l = 1/3 \times 444,376 = 148,125 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan dengan diameter D12

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 12^2 \\ &= 113,143 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n = \frac{A_l}{\text{Luas Tulangan}} = \frac{148,125}{113,143}$$

$$= 1,31 \approx 2$$

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} = 2 \times 113,143 \\ &= 226,286 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &> \text{As perlu} \\ 226,286 \text{ mm}^2 &> 148,125 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

Sehingga tulangan puntir pada tumpuan kiri. dan tumpuan kanan adalah 2D12.

e. Penulangan Lentur

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi: 1,2D+1,6L+0,5Lr.

Garis Netral pada Kondisi Balance

$$\begin{aligned} X_b &= \frac{600}{600 + f_y} \times d = \frac{600}{600 + 400} \times 291,5 \\ &= 174,900 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral pada Kondisi Maksimum

$$\begin{aligned} X_{\max} &= 0,75 \times X_b = 0,75 \times 174,900 \\ &= 131,175 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral pada Kondisi Minimum

$$\begin{aligned} X_{\min} &= d' \\ &= 58,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Rencana

$$X_{\text{rencana}} = 150 \text{ mm}$$

Komponen Beton Tertekan

$$\begin{aligned} C_c' &= 0,85 \times f_c' \times b_w \times \beta_1 \times X_{\text{rencana}} \\ &= 0,85 \times 30 \times 250 \times 0,85 \times 150 \\ &= 812812,5 \text{ N} \end{aligned}$$

Luas Tulangan Lentur Gaya Tarik Tulangan Lentur

Tunggal

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{0,85 \times f_c' \times b_w \times \beta_1 \times X_{\text{rencana}}}{f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 30 \times 250 \times 0,85 \times 150}{400} \\ &= 2032,031 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

### Luas Tulangan Lentur dan Gaya Tarik Tulangan

$$\begin{aligned}
 M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left( d - \frac{\beta_1 \times X_{rencana}}{2} \right) \\
 &= 2032,031 \times 400 \times \left( 291,5 - \frac{0,85 \times 150}{2} \right) \\
 &= 185118047 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

- Daerah Tumpuan Kiri  
 Output SAP Mu Tumpuan = 2630,85 kgm  
 = 26308500 Nmm

### Momen Nominal Tumpuan

$$\begin{aligned}
 M_n &= M_u / \phi \\
 &= 26308500 / 0,9 \\
 &= 29231667 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

### Cek Syarat Nominal Tulangan Lentur Rangkap

Syarat:

$M_{ns} > 0$ , maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0$ , maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$\begin{aligned}
 M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\
 &= 29231667 - 185118047 \\
 &= -155886380 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Maka tidak perlu tulangan lentur rangkap, sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

### Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$\rho_b = 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f_c'}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

*Bab 2.4.1.2.1 Persamaan 2.24*

$$\begin{aligned}
 &= 0,85 \times 0,85 \times \frac{30}{400} \times \left( \frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &= 0,033 \\
 \rho_{min} &= 1,4 / f_y = 1,4 / 400 \\
 &= 0,0035
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,033 \\ &= 0,024 \\ Rn &= \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{29231667}{1000 \times 291,5^2} \\ &= 1,38\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30} \\ &= 15,686\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,686} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(15,686)(1,38)}{400}} \right) \\ &= 0,00354\end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{array}{lll}\rho_{\min} & < \rho_{\text{perlu}} & < \rho_{\max} \\ 0,0035 & < 0,00354 & < 0,024\end{array} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Maka digunakan  $\rho_{\text{perlu}} = 0,00354$

$$\begin{aligned}As &= \rho \times b \times d \\ &= 0,00354 \times 1000 \times 291,5 \\ &= 257,856 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (As)

$$\begin{aligned}As \text{ perlu} &= As + \frac{Al}{3} = 257,856 + 148,125 \\ &= 405,982 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Direncanakan tulangan dengan diameter D13

$$\begin{aligned}Luas &= \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 13^2 \\ &= 132,732 \text{ mm}^2 \\ n &= \frac{As \text{ perlu}}{Luas \text{ Tulangan}} = \frac{405,982}{132,732} \\ &= 3,06 \approx 4\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} = 4 \times 132,732 \\ &= 531,143 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned}\text{As pasang} &> \text{As perlu} \\ 531,143 \text{ mm}^2 &> 405,982 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

Luasan Pasang Tulangan Lentur Tekan ( $A_s'$ )

$$\begin{aligned}A_s' &= 0,3A_s = 0,3 \times 405,982 \text{ mm}^2 \\ &= 121,795 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Direncanakan tulangan dengan diameter D13

$$\text{Luas} = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 13^2$$

$$= 132,732 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas Tulangan}} = \frac{121,795}{132,732}$$

$$= 0,92 \approx 2$$

$$\begin{aligned}\text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} = 2 \times 132,732 \\ &= 265,571 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned}\text{As pasang} &> \text{As perlu} \\ 265,571 \text{ mm}^2 &> 121,795 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Syarat:

$$S_{\max} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\max} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Direncanakan dipakai tulangan tarik 4D13 dan tulangan tekan 2D13

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{\max} = \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \text{Øgeser}) - (\text{juml.tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlahtulangan} - 1}$$

$$S_{\max} = \frac{250 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (4 \times 13)}{4 - 1}$$

$$= 31,33 \text{ mm}$$

$S_{\max} = 31,33 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$  ,maka disusun satu lapis.

**Kontrol Tulangan Tekan**

$$S_{\max} = \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset_{\text{geser}}) - (\text{juml.tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlahtulangan} - 1}$$

$$S_{\max} = \frac{250 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (2 \times 13)}{2 - 1}$$

$$= 74,00 \text{ mm}$$

$S_{\max} = 74,00 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$  ,maka disusun satu lapis.

**Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Lentur pada Balok**

Dijelaskan pada SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.1, boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom di ujung komponen tersebut. Momen lentur tumpuan (+)  $\geq 1/3$  Momen lentur tumpuan (-).

Maka ditinjau berdasarkan As pasang

$$\begin{aligned} A_{s\text{pasang}} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset_{\text{lentur}} \\ &= 4 \times 0,25 \times \pi \times 13^2 \\ &= 531,143 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s'} \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset_{\text{lentur}} \\ &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 13^2 \\ &= 265,571 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq 1/3 M \text{ lentur tumpuan (-)}$$

$$265,571 \text{ mm}^2 \geq 1/3 \times 531,143 \text{ mm}^2$$

$$265,571 \text{ mm}^2 \geq 177,048 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

Jadi daerah tumpuan kiri dipasang:

$$\text{Tulangan Tarik} = 4D13$$

$$\text{Tulangan Tekan} = 2D13$$

**Kontrol Kemampuan Penampang**

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pasang tulangan tarik}} &= 4D13 \\ a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times bw} = \frac{531,143 \times 400}{0,85 \times 30 \times 250} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
&= 33 \text{ mm} \\
Cc' &= 0,85 \times bw \times fc' \times a = 0,85 \times 250 \times 30 \times 33 \\
&= 212457,14 \text{ N} \\
Cs' &= As \text{ pakai} \times fy = 531,143 \times 400 \\
&= 212457,14 \text{ N} \\
Mn &= \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d')) \\
&= \left( 212457,14 \times \left( 291,5 - \frac{33}{2} \right) \right) + (212457,14 \times (291,5 - 58,5)) \\
&= 107893533 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned}
Mn \text{ pasang} &\geq Mu \\
0,9 Mn &\geq 26308500 \text{ Nmm} \\
0,9 (107893533) \text{ Nmm} &\geq 26308500 \text{ Nmm} \\
97104180 \text{ Nmm} &\geq 26308500 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

Kontrol Kemampuan Penampang

$$\begin{aligned}
As \text{ pasang tulangan tekan} &= 2D13 \\
a &= \frac{As \times fy}{0,85 \times fc' \times bw} = \frac{265,571 \times 400}{0,85 \times 30 \times 250}
\end{aligned}$$

$$= 17 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
Cc' &= 0,85 \times bw \times fc' \times a = 0,85 \times 250 \times 30 \times 17 \\
&= 106228,571 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Cs' &= As \text{ pakai} \times fy = 265,571 \times 400 \\
&= 106228,571 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Mn &= \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d')) \\
&= \left( 106228,571 \times \left( 291,5 - \frac{17}{2} \right) \right) + (106228,571 \times (291,5 - 58,5)) \\
&= 54831836 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned}
Mn \text{ pasang} &\geq Mu \\
0,9 Mn &\geq 26308500 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0,9 (54831836) \text{ Nmm} &\geq 26308500 \text{ Nmm} \\ 49348644 \text{ Nmm} &\geq 26308500 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

- Daerah Tumpuan Kanan

$$\begin{aligned} \text{Output SAP Mu Tumpuan} &= 963,24 \text{ kgm} \\ &= 9632400 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Momen Nominal Tumpuan

$$\begin{aligned} M_n &= M_u / \phi \\ &= 9632400 / 0,9 \\ &= 10702667 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Cek Syarat Nominal Tulangan Lentur Rangkap

Syarat:

$M_{ns} > 0$ , maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0$ , maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$\begin{aligned} M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\ &= 10702667 - 185118047 \\ &= -174415380 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Maka tidak perlu tulangan lentur rangkap, sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$\rho_b = 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f_c'}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

*Bab 2.4.1.2.1 Persamaan 2.24*

$$\begin{aligned} &= 0,85 \times 0,85 \times \frac{30}{400} \times \left( \frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,033 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= 1,4 / f_y = 1,4 / 400 \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,033 \\ &= 0,024 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{10702667}{1000 \times 291,5^2} \\ &= 0,50 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30} \\
 &= 15,686 \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15,686} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(15,686)(0,50)}{400}} \right) \\
 &= 0,00127
 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &< \rho_{\text{perlu}} &< \rho_{\max} \\
 0,0035 &< 0,00127 &< 0,024
 \end{aligned}$$

**(Tidak Memenuhi)**

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} \text{ dinaikkan } 30\% &= 1,3 \rho_{\text{perlu}} \\
 &= 1,3 \times 0,00127 \\
 &= 0,0017 < \rho_{\min}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan  $\rho_{\min} = 0,0035$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,0035 \times 1000 \times 291,5 \\
 &= 255,063 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang ( $A_s$ )

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu} &= A_s + \frac{A_l}{3} = 255,063 + 148,125 \\
 &= 403,188 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan dengan diameter D13

$$\begin{aligned}
 \text{Luas} &= \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 13^2 \\
 &= 132,732 \text{ mm}^2 \\
 n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas Tulangan}} = \frac{403,188}{132,732} \\
 &= 3,04 \approx 4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} = 4 \times 132,732 \\
 &= 531,143 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &> \text{As perlu} \\ 531,143 \text{ mm}^2 &> 403,188 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

Luasan Pasang Tulangan Lentur Tekan ( $A_s'$ )

$$\begin{aligned} A_s' &= 0,3A_s = 0,3 \times 403,188 \text{ mm}^2 \\ &= 120,956 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan dengan diameter D13

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 13^2 \\ &= 132,732 \text{ mm}^2 \\ n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas Tulangan}} = \frac{120,956}{132,732} \\ &= 0,91 \approx 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} = 1 \times 132,732 \\ &= 132,732 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &> \text{As perlu} \\ 132,732 \text{ mm}^2 &> 120,956 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Syarat:

$$S_{\max} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\max} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Direncanakan dipakai tulangan tarik 4D13 dan tulangan tekan 2D13

Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} S_{\max} &= \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \text{geser}) - (\text{juml.tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlahtulangan} - 1} \\ S_{\max} &= \frac{250 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (4 \times 13)}{4 - 1} \\ &= 31,33 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\max} = 31,33 \text{ mm} > 25 \text{ mm}, \text{ maka disusun satu lapis.}$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{\max} = \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset_{\text{geser}}) - (\text{juml.tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlahtulangan} - 1}$$

$$S_{\max} = \frac{250 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (2 \times 13)}{2 - 1}$$

$$= 102,00 \text{ mm}$$

$S_{\max} = 102,00 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$  ,maka disusun satu lapis.

Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Lentur pada Balok

Dijelaskan pada SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.1, boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom di ujung komponen tersebut. Momen lentur tumpuan (+)  $\geq 1/3$  Momen lentur tumpuan (-).

Maka ditinjau berdasarkan As pasang

$$\begin{aligned} A_{s\text{pasang}} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset_{\text{lentur}} \\ &= 4 \times 0,25 \times \pi \times 13^2 \\ &= 531,143 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s'\text{pasang}} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset_{\text{lentur}} \\ &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 13^2 \\ &= 265,571 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq 1/3 M \text{ lentur tumpuan (-)}$$

$$265,571 \text{ mm}^2 \geq 1/3 \times 531,143 \text{ mm}^2$$

$$265,571 \text{ mm}^2 \geq 177,048 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

Jadi daerah tumpuan kiri dipasang:

$$\text{Tulangan Tarik} = 4D13$$

$$\text{Tulangan Tekan} = 2D13$$

Kontrol Kemampuan Penampang

$$\begin{aligned} A_{s\text{pasang tulangan tarik}} &= 4D13 \\ a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times bw} = \frac{531,143 \times 400}{0,85 \times 30 \times 250} \\ &= 33 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$Cc' = 0,85 \times bw \times f_c' \times a = 0,85 \times 250 \times 30 \times 33$$

$$\begin{aligned}
 &= 212457,14 \text{ N} \\
 Cs' &= As \text{ pakai} \times fy = 531,143 \times 400 \\
 &= 212457,14 \text{ N} \\
 Mn &= \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d')) \\
 &= \left( 212457,14 \times \left( 291,5 - \frac{33}{2} \right) \right) + (212457,14 \times (291,5 - 58,5)) \\
 &= 107893533 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned}
 Mn \text{ pasang} &\geq Mu \\
 0,9 Mn &\geq 9632400 \text{ Nmm} \\
 0,9 (107893533) \text{ Nmm} &\geq 9632400 \text{ Nmm} \\
 97104180 \text{ Nmm} &\geq 9632400 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

Kontrol Kemampuan Penampang

$$\begin{aligned}
 As \text{ pasang tulangan tekan} &= 2D13 \\
 a &= \frac{As \times fy}{0,85 \times fc' \times bw} = \frac{265,571 \times 400}{0,85 \times 30 \times 250} \\
 &= 17 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \times bw \times fc' \times a = 0,85 \times 250 \times 30 \times 17 \\
 &= 106228,571 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cs' &= As \text{ pakai} \times fy = 265,571 \times 400 \\
 &= 106228,571 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mn &= \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d')) \\
 &= \left( 106228,571 \times \left( 291,5 - \frac{17}{2} \right) \right) + (106228,571 \times (291,5 - 58,5)) \\
 &= 54831836 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned}
 Mn \text{ pasang} &\geq Mu \\
 0,9 Mn &\geq 9632400 \text{ Nmm} \\
 0,9 (54831836) \text{ Nmm} &\geq 9632400 \text{ Nmm} \\
 49348644 \text{ Nmm} &\geq 9632400 \text{ Nmm} \quad \textbf{(Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

- Daerah Lapangan

$$\begin{aligned}\text{Output SAP Mu Lapangan} &= 2725,86 \text{ kgm} \\ &= 27258600 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

Momen Nominal Lapangan

$$\begin{aligned}M_n &= M_u / \phi \\ &= 27258600 / 0,9 \\ &= 30287333 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

Cek Syarat Nominal Tulangan Lentur Rangkap

Syarat:

$M_{ns} > 0$ , maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0$ , maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$\begin{aligned}M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\ &= 30287333 - 185118047 \\ &= -154830714 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

Maka tidak perlu tulangan lentur rangkap, sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$\rho_b = 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f_c'}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

*Bab 2.4.1.2.1 Persamaan 2.24*

$$\begin{aligned}&= 0,85 \times 0,85 \times \frac{30}{400} \times \left( \frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,033 \\ \rho_{\min} &= 1,4 / f_y = 1,4 / 400 \\ &= 0,0035 \\ \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,033 \\ &= 0,024 \\ R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{30287333}{1000 \times 291,5^2} \\ &= 1,43 \\ m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30} \\ &= 15,686\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,686} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(15,686)(1,43)}{400}} \right) \\ &= 0,00367\end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{array}{lll}\rho_{\min} & < \rho_{\text{perlu}} & < \rho_{\max} \\ 0,0035 & < 0,00367 & < 0,024\end{array}$$

**(Memenuhi)**

Maka digunakan  $\rho_{\text{perlu}} = 0,00367$

$$\begin{aligned}A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,00367 \times 1000 \times 291,5 \\ &= 267,453 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang ( $A_s$ )

$$\begin{aligned}A_s \text{ perlu} &= A_s + \frac{Al}{3} = 267,453 + 148,125 \\ &= 415,578 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Direncanakan tulangan dengan diameter D13

$$\begin{aligned}\text{Luas} &= \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 13^2 \\ &= 132,732 \text{ mm}^2 \\ n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas Tulangan}} = \frac{415,578}{132,732} \\ &= 3,13 \approx 4\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_s \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} = 4 \times 132,732 \\ &= 531,143 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{array}{ll}A_s \text{ pasang} & > A_s \text{ perlu} \\ 531,143 \text{ mm}^2 & > 415,578 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}\end{array}$$

Luasan Pasang Tulangan Lentur Tekan ( $A_s'$ )

$$\begin{aligned}A_s' &= 0,3 A_s = 0,3 \times 415,578 \text{ mm}^2 \\ &= 124,673 \text{ mm}^2\end{aligned}$$



Direncanakan tulangan dengan diameter D13

$$\text{Luas} = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 13^2$$

$$= 132,732 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas Tulangan}} = \frac{124,673}{132,732}$$

$$= 0,94 \approx 2$$

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} &= 2 \times 132,732 \\ &= 265,571 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &> \text{As perlu} \\ 265,571 \text{ mm}^2 &> 124,673 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Syarat:

$$S_{\max} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\max} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Direncanakan dipakai tulangan tarik 4D13 dan tulangan tekan 2D13

Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} S_{\max} &= \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{juml.tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlahtulangan} - 1} \\ S_{\max} &= \frac{250 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (4 \times 13)}{4 - 1} \end{aligned}$$

$$= 31,33 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 31,33 \text{ mm} > 25 \text{ mm} , \text{maka disusun satu lapis.}$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned} S_{\max} &= \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{juml.tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlahtulangan} - 1} \\ S_{\max} &= \frac{250 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (2 \times 13)}{2 - 1} \end{aligned}$$

$$= 102,00 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 102,00 \text{ mm} > 25 \text{ mm} , \text{maka disusun satu lapis.}$$

Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Lentur pada Balok  
 Dijelaskan pada SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.1, boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom di ujung komponen tersebut. Momen lentur tumpuan (+)  $\geq 1/3$  Momen lentur tumpuan (-).

Maka ditinjau berdasarkan As pasang

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pasang}}} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset_{\text{lentur}} \\ &= 4 \times 0,25 \times \pi \times 13^2 \\ &= 531,143 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s'_{\text{pasang}}} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset_{\text{lentur}} \\ &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 13^2 \\ &= 265,571 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M \text{ lentur tumpuan (+)} &\geq 1/3 M \text{ lentur tumpuan (-)} \\ 265,571 \text{ mm}^2 &\geq 1/3 \times 531,143 \text{ mm}^2 \\ 265,571 \text{ mm}^2 &\geq 177,048 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)} \end{aligned}$$

Jadi daerah tumpuan kiri dipasang:

$$\text{Tulangan Tarik} = 4D13$$

$$\text{Tulangan Tekan} = 2D13$$

Kontrol Kemampuan Penampang

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pasang tulangan tarik}} &= 4D13 \\ a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b_w} = \frac{531,143 \times 400}{0,85 \times 30 \times 250} \\ &= 33 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times b_w \times f_c' \times a = 0,85 \times 250 \times 30 \times 33 \\ &= 212457,14 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cs' &= A_{s \text{ pakai}} \times f_y = 531,143 \times 400 \\ &= 212457,14 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d')) \\ &= \left( 212457,14 \times \left( 291,5 - \frac{33}{2} \right) \right) + (212457,14 \times (291,5 - 58,5)) \end{aligned}$$

$$= 107893533 \text{ Nmm}$$

Maka:

$$\begin{aligned} M_n \text{ pasang} &\geq \mu_u \\ 0,9 M_n &\geq 27258600 \text{ Nmm} \\ 0,9 (107893533) \text{ Nmm} &\geq 27258600 \text{ Nmm} \\ 97104180 \text{ Nmm} &\geq 27258600 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

Kontrol Kemampuan Penampang

$$\begin{aligned} \text{As pasang tulangan tekan} &= 2D13 \\ a &= \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b_w} = \frac{265,571 \times 400}{0,85 \times 30 \times 250} \\ &= 17 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times b_w \times f_c' \times a = 0,85 \times 250 \times 30 \times 17 \\ &= 106228,571 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cs' &= As \text{ pakai} \times f_y = 265,571 \times 400 \\ &= 106228,571 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d')) \\ &= \left( 106228,571 \times \left( 291,5 - \frac{17}{2} \right) \right) + (106228,571 \times (291,5 - 58,5)) \\ &= 54831836 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} M_n \text{ pasang} &\geq \mu_u \\ 0,9 M_n &\geq 27258600 \text{ Nmm} \\ 0,9 (54831836) \text{ Nmm} &\geq 27258600 \text{ Nmm} \\ 49348644 \text{ Nmm} &\geq 27258600 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

f. Penulangan Geser

Berdasarkan perhitungan tulangan lentur balok didapatkan:

- Momen Nominal Kiri

Momen nominal kiri diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan kiri, hasil luasan tulangan adalah sebagai berikut:

As pakai tulangan tarik  $\rightarrow 4D13 = 531,143 \text{ mm}^2$

As pakai tulangan tekan  $\rightarrow 2D13 = 265,571 \text{ mm}^2$

$$a = \frac{As \text{ tarik} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b_w} = \frac{531,143 \times 400}{0,85 \times 30 \times 250}$$

$$= 33 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{nl} &= As \text{ tarik} \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 531,143 \times 400 \times \left( 291,5 - \frac{17}{2} \right) \\ &= 58391018,90 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

- Momen Nominal Kanan

Momen nominal kanan diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan, hasil luasan tulangan adalah sebagai berikut:

As pakai tulangan tarik  $\rightarrow 4D13 = 531,143 \text{ mm}^2$

As pakai tulangan tekan  $\rightarrow 2D13 = 265,571 \text{ mm}^2$

$$a = \frac{As \text{ tekan} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b_w} = \frac{265,571 \times 400}{0,85 \times 30 \times 250}$$

$$= 17 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{nr} &= As \text{ tekan} \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 265,571 \times 400 \times \left( 291,5 - \frac{17}{2} \right) \\ &= 30080569,01 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil output SAP akibat kombinasi 1,2D+1,6L+0,5Lr didapatkan nilai gaya geser terfaktor:

$$V_u = 2776,63 \text{ kg}$$

$$= 27766,3 \text{ N}$$

Gaya Geser pada ujung Perletakkan Diperoleh dari:

$$\begin{aligned} V_{u1} &= \frac{M_{n_l} + M_{n_r}}{\ell_n} + \frac{W_u \times \ell_n}{2} \\ &= \frac{M_{n_l} + M_{n_r}}{\ell_n} + V_u \\ &= \frac{58391018,90 + 30080569,01}{4400} + 27766,3 \\ &= 47873,479 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat Kuat Tekan Beton

Nilai dari  $\sqrt{f_c'}$  tidak boleh melebihi 8,3 MPa

$$\sqrt{f_c'} \leq 8,3 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{30} \leq 8,3 \text{ MPa}$$

$$5,477 \text{ MPa} \leq 8,3 \text{ MPa}$$

Kuat Geser Beton

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d \\ &= 0,17 \times 1 \times \sqrt{30} \times 250 \times 291,5 \\ &= 67855,978 \text{ N} \end{aligned}$$

Kuat Geser Tulangan Geser

$$\begin{aligned} V_{s \text{ min}} &= \frac{1}{3} \times b_w \times d = \frac{1}{3} \times 250 \times 291,5 \\ &= 24291,667 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_{s \text{ max}} = \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d = \frac{2}{3} \times \sqrt{30} \times 250 \times 291,5$$

$$\begin{aligned} V_s &= 266101,88 \text{ N} \\ &= \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d = \frac{1}{3} \times \sqrt{30} \times 250 \times 291,5 \\ &= 133050,938 \text{ N} \end{aligned}$$

Pembagian Wilayah Geser Balok

Dalam perhitungan tulangan geser pada balok, wilayah balok dibagi menjadi tiga wilayah, wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan), yaitu sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom ke arah tengah bentang. lalu wilayah 2 (daerah lapangan), dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke  $\frac{1}{2}$  bentang balok.

Penulangan Geser Balok

- Wilayah 1 dan 3 (Daerah Tumpuan)

$$V_{u1} = 47873,479 \text{ N}$$

Kondisi 1

$$V_u < 0,5 \phi V_c \rightarrow \text{Tidak perlu tulangan geser}$$

$$47873,479 \text{ N} < 25445,992 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

Kondisi 2

$0,5 \phi V_c < V_u < \phi V_c \rightarrow$  Tulangan geser minimum

25445,992 N < 47873,479 N < 50891,984 N

**(Memenuhi)**

Kondisi 3

$\phi V_c < V_u < \phi(V_c + V_s \text{ min}) \rightarrow$  Tulangan geser minimum

50891,984 N < 47873,479 N < 69110,734 N

**(Stop)**

Kondisi 4

$\phi(V_c + V_s \text{ min}) < V_u < \phi(V_c + V_s) \rightarrow$  Perlu tulangan geser

69110,734 N < 47873,479 N < 150680,187 N

**(Stop)**

Kondisi 5

$\phi(V_c + V_s) < V_u < \phi(V_c + V_s \text{ maks}) \rightarrow$  Perlu tulangan geser

150680,187 N < 47873,479 N < 250468,391 N

**(Stop)**

Maka perencanaan tulangan geser tumpuan berdasarkan

Kondisi 2.

$$\begin{aligned} V_s \text{ min} &= 1/3 \times b_w \times d \\ &= 1/3 \times 250 \times 291,5 \\ &= 24291,67 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_v}{s} &= \frac{V_{\text{perlu}}}{f_y \times d} \\ &= \frac{24291,167}{400 \times 291,5} \\ &= 0,208 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_{\text{perlu}}}{s_{\text{perlu}}} &= \frac{2A_t}{s} + \frac{A_v}{s} \\ &= (2 \times 0,147) + 0,208 \\ &= 0,502 \text{ mm} \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan  $\emptyset 12$  mm dengan dua kaki, maka luasan tulangan geser:

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n_{kaki} = \frac{1}{4} \times \pi \times 12^2 \times 2$$

$$= 226,286 \text{ mm}^2$$

Jarak Tulangan Geser Perlu

$$S_{\text{perlu}} = \frac{A_{v\text{perlu}}}{0,502} = \frac{226,286}{0,502}$$

$$= 450,33 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm}$$

Maka dipasang jarak 100 mm antar tulangan geser.

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser berdasarkan Kondisi 4.

$$S_{\text{maks}} \leq d/2 \quad \text{atau} \quad S_{\text{maks}} \leq 300 \text{ mm}$$

$$100 \text{ mm} \leq 146 \text{ mm} \quad \text{atau} \quad 100 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm}$$

**(Memenuhi)**

Sehingga dipakai tulangan geser  $\emptyset 12$  mm jarak 100 mm.

- Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Geser pada Balok  
Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakkan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakkan.

Spasi sengkang tidak boleh melebihi:

- $S_{\text{pakai}} \leq d/4$   
 $100 \text{ mm} < 72,9 \text{ mm} \quad \textbf{(Tidak Memenuhi)}$

- $S_{\text{pakai}} \leq 8 \times \emptyset_{\text{tulangan longitudinal}}$   
 $100 \text{ mm} < 104 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$

- $S_{\text{pakai}} \leq 24 \times \emptyset_{\text{tulangan lsengkang}}$   
 $100 \text{ mm} < 288 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$

- $S_{\text{pakai}} \leq 300 \text{ mm}$   
 $100 \text{ mm} < 300 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$

- Wilayah 2 (Daerah Lapangan)

$$\frac{Vu_2}{0,5\ell_n - 2h} = \frac{Vu_1}{0,5\ell_n}$$

$$\begin{aligned}
 V_{u2} &= \frac{V_{u1} \times (0,5\ell_n - 2h)}{0,5\ell_n} \\
 &= \frac{47873,479 \times (0,5(4400) - 2(350))}{0,5(4400)}
 \end{aligned}$$

$$V_{u2} = 32641,008 \text{ N}$$

Kondisi 1

$$V_u < 0,5 \phi V_c \rightarrow \text{Tidak perlu tulangan geser}$$

$$32641,008 \text{ N} < 25445,992 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

Kondisi 2

$$0,5 \phi V_c < V_u < \phi V_c \rightarrow \text{Tulangan geser minimum}$$

$$25445,992 \text{ N} < 32641,008 \text{ N} < 50891,984 \text{ N}$$

**(Memenuhi)**

Kondisi 3

$$\phi V_c < V_u < \phi(V_c + V_s \text{ min}) \rightarrow \text{Tulangan geser minimum}$$

$$50891,984 \text{ N} < 32641,008 \text{ N} < 69110,734 \text{ N}$$

**(Stop)**

Kondisi 4

$$\phi(V_c + V_s \text{ min}) < V_u < \phi(V_c + V_s) \rightarrow \text{Perlu tulangan geser}$$

$$69110,734 \text{ N} < 32641,008 \text{ N} < 150680,187 \text{ N}$$

**(Stop)**

Kondisi 5

$$\phi(V_c + V_s) < V_u < \phi(V_c + V_s \text{ maks}) \rightarrow \text{Perlu tulangan geser}$$

$$150680,187 \text{ N} < 32641,008 \text{ N} < 250468,391 \text{ N}$$

**(Stop)**

Maka perencanaan tulangan geser tumpuan berdasarkan

Kondisi 2.

$$\begin{aligned}
 V_s \text{ min} &= 1/3 \times b_w \times d \\
 &= 1/3 \times 250 \times 291,5 \\
 &= 24291,67 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{A_v}{s} &= \frac{V_{sperlu}}{f_y \times d} \\
 &= \frac{24291,167}{400 \times 291,5} = 0,208 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\frac{A_{\text{perlu}}}{s_{\text{perlu}}} &= \frac{2At}{s} + \frac{A_v}{s} \\ &= (2 \times 0,147) + 0,208 \\ &= 0,502 \text{ mm}\end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan Ø12 mm dengan dua kaki, maka luasan tulangan geser:

$$\begin{aligned}A_v &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n_{\text{kaki}} = \frac{1}{4} \times \pi \times 12^2 \times 2 \\ &= 226,286 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Jarak Tulangan Geser Perlu

$$\begin{aligned}S_{\text{perlu}} &= \frac{A_{\text{perlu}}}{0,502} = \frac{226,286}{0,502} \\ &= 450,33 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka dipasang jarak 150 mm antar tulangan geser.

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser berdasarkan Kondisi 3

$$\begin{array}{lll} S_{\text{maks}} \leq d/2 & \text{atau} & S_{\text{maks}} \leq 300 \text{ mm} \\ 150 \text{ mm} \leq 146 \text{ mm} & \text{atau} & 100 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm} \end{array}$$

**(Memenuhi)**

Sehingga dipakai tulangan geser Ø12 mm jarak 150 mm.

- Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Geser pada Balok Sengkang harus dispasikan tidak melebihi dari  $d/2$  sepanjang panjang balok.

$$\blacksquare S_{\text{pakai}} \leq d/2$$

$$150 \text{ mm} < 146 \text{ mm} \quad \textbf{(Tidak Memenuhi)}$$

- g. Perhitungan Panjang Penyaluran dan Kontrol Retak Penyaluran Tulangan dalam Kondisi Tarik

$$l_d = \frac{f_y \times \psi_t \times \psi_e}{1,7 \times \lambda \times \sqrt{f_c'}} \times db$$

dimana:

$\Psi_t$  = faktor lokasi penulangan, digunakan 1,0

$\Psi_e$  = faktor pelapis, digunakan 1,0

$$\begin{aligned}\text{Sehingga:} \\ l_d &= \frac{400 \times 1,0 \times 1,0}{1,7 \times 1,0 \times \sqrt{30}} \times 13\end{aligned}$$

$$= 558,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\lambda \text{ reduksi} &= \frac{Asperlu}{Aspasang} \times \lambda d \\ &= \frac{405,982}{531,143} \times 558,5 \\ &= 427 \text{ mm} \approx 1000 \text{ mm}\end{aligned}$$

#### Penyaluran Tulangan dalam Kondisi Tekan

$$\begin{aligned}\ell d &= \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times db \\ &= \frac{0,24 \times 400}{1,0 \times \sqrt{30}} \times 13 \\ &= 227,9 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\ell d &= 0,034 \times f_y \times db \\ &= 0,034 \times 400 \times 13 \\ &= 176,8 \text{ mm}\end{aligned}$$

diambil nilai  $\ell d$  terbesar yaitu 227,9 mm

$$\begin{aligned}\lambda \text{ reduksi} &= \frac{Asperlu}{Aspasang} \times \lambda d \\ &= \frac{405,982}{531,143} \times 227,9 \\ &= 174,160 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}\end{aligned}$$

#### Penyaluran Tulangan Berkait dalam Kondisi Tarik

$$\begin{aligned}\ell d &= \frac{0,24 \times \psi_e \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times db \\ &= \frac{0,24 \times 1,0 \times 400}{1,0 \times \sqrt{30}} \times 13\end{aligned}$$

diambil nilai  $\ell d$  terbesar yaitu 227,9 mm

$$\begin{aligned}\lambda \text{ reduksi} &= \frac{Asperlu}{Aspasang} \times \lambda d \\ &= \frac{405,982}{531,143} \times 227,9 = 174,160 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}\end{aligned}$$

## 4.5 Perhitungan Struktur Primer

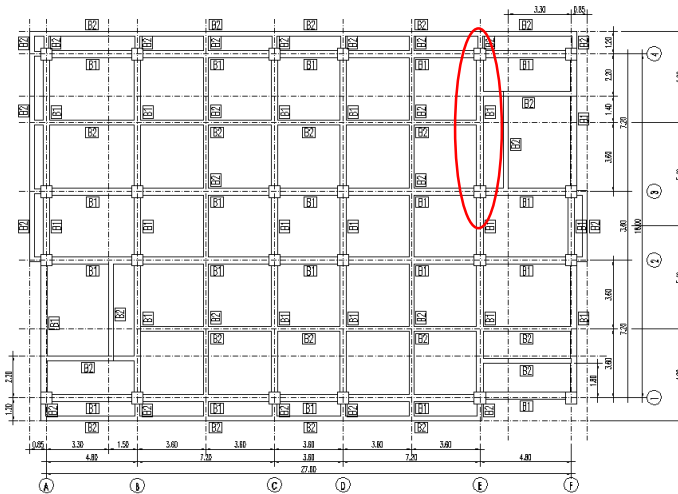
### 4.5.1 Perhitungan Penulangan Balok Induk

Perhitungan tulangan balok induk B1 dengan dimensi (35x50) cm As E Joint 3-4. Berikut ini adalah data perencanaan balok berdasarkan gambar denah pembalokan, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000. Selanjutnya akan dihitung dengan metode SRPMM.

➤ Data Perencanaan

Tipe Balok	= Balok Induk (B1)
Bentang = 7,2 m	= 7200 mm
b = 35 cm	= 350 mm
h = 50 cm	= 500 mm
Kolom :	
b = 60 cm	= 600 mm
h = 60 cm	= 600 mm
Mutu Beton ( $f_c'$ )	= 30 MPa
$f_y$ Lentur	= 400 MPa
$f_y$ Geser	= 400 MPa
$f_y$ Puntir	= 400 MPa
$\phi$ Lentur	= 0,9
$\phi$ Geser	= 0,75
$\phi$ Torsi	= 0,75
$\beta_1$	= 0,85
Tebal Selimut Beton	= 40 mm
Jarak Spasi Tulangan Sejajar	= 25 mm
Diameter Tulangan Lentur	= 22 mm
Diameter Tulangan Geser	= 13 mm
Diameter Tulangan Puntir	= 16 mm

➤ Sketsa



**Gambar 4. 69** Denah Balok yang Ditinjau pada Lantai 2, Tipe Balok B1

➤ Perhitungan

a. Tinggi Efektif Balok

$$\begin{aligned} d &= h - \text{decking} - \varnothing_{\text{senggang}} - \frac{1}{2} \varnothing_{\text{tulangan lentur}} \\ &= 500 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - \frac{1}{2} 22 \text{ mm} \\ &= 436 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= \text{decking} + \varnothing_{\text{senggang}} + \frac{1}{2} \varnothing_{\text{tulangan lentur}} \\ &= 40 \text{ mm} + 13 \text{ mm} + \frac{1}{2} 22 \text{ mm} \\ &= 64 \text{ mm} \end{aligned}$$

b. Hasil Output dan Diagram Gaya Berdasarkan Analisa SAP 2000

Setelah dilakukan analisa menggunakan program SAP 2000, maka didapatkan hasil output dan diagram gaya dalam sehingga digunakan dalam proses perhitungan tulangan. Dari hasil output didapat nilai terbesar pada frame 25 pemodelan SAP 2000, berikut adalah hasil output analisa dari program SAP 2000:

### Hasil Output Puntir

Kombinasi : 1,2D+1,6L+0,5Lr.

Momen Puntir : 2703,83 kgm.

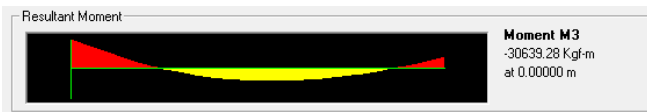


**Gambar 4. 70** Output SAP 2000 Momen Torsi Balok Tipe B1

### Hasil Output Diagram Momen Lentur

Kombinasi : 1,2D+1,0Ey+0,3Ex+1,0L.

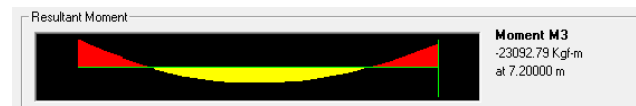
Momen Tumpuan Kiri : 30639,28 kgm.



**Gambar 4. 71** Output SAP 2000 Momen Lentur Kiri Balok Tipe B1

Kombinasi : 1,2D+1,6L+0,5Lr.

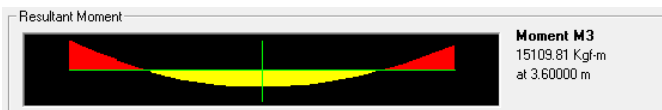
Momen Tumpuan Kanan : 23092,79 kgm.



**Gambar 4. 72** Output SAP 2000 Momen Lentur Kanan Balok Tipe B1

Kombinasi : 1,2D+1,6L+0,5Lr.

Momen Lapangan : 15109,81 kgm.

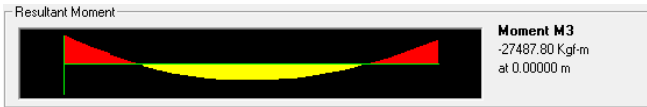


**Gambar 4. 73** Output SAP 2000 Momen Lentur Lapangan Balok Tipe B1

### Hasil Output Diagram Gaya Geser

Kombinasi : 1,2D+1,6L+0,5Lr

Gaya Geser : 27487,80 kg



**Gambar 4. 74** Output SAP 2000 Gaya Geser Balok Tipe B1

#### c. Periksa Dimensi Penampang

- Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b_{balok} \times h_{balok} = 350 \times 500 \\ &= 175000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Parameter luar irisna penampang beton  $A_{cp}$

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b_{balok} + h_{balok}) = 2 \times (350 + 500) \\ &= 1700 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Luas penampang dibatasi As tulangan sengkang

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b_{balok} - 2t_{decking} - 2\emptyset) \times (h_{balok} - 2t_{decking} - 2\emptyset) \\ &= (350 - 2(40) - 2(13)) \times (500 - 2(40) - 2(13)) \\ &= 96136 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Keliling penampang dibatasi As tulangan sengkang

$$\begin{aligned} P_{oh} &= 2[(b_{balok} - 2t_{decking} - 2\emptyset) + (h_{balok} - 2t_{decking} - 2\emptyset)] \\ &= 2 \times [(350 - 2(40) - 2(13)) + (500 - 2(40) - 2(13))] \\ &= 882 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### d. Penulangan Puntir

$$T_u = 2703,83 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned} T_n &= \frac{T_u}{\phi} = \frac{2703,83 \times 10^4}{0,75} \\ &= 36051066,667 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$T_{u \text{ min}} = \phi 0,083 \lambda \sqrt{f_c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

Bab 2.4.1.4 Persamaan 2.44

$$\begin{aligned} &= (0,75) 0,083 (1) \sqrt{30} \left( \frac{175000^2}{1700} \right) \\ &= 6142245,335 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_u \max &= \phi 0,33 \lambda \sqrt{f'c} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\
 &\quad \text{Bab 2.4.1.4 Persamaan 2.45} \\
 &= (0,75) 0,33 (1) \sqrt{30} \left( \frac{175000^2}{1700} \right) \\
 &= 24420975,427 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

#### Cek Pengaruh Momen Puntir

$$\begin{aligned}
 T_u &< T_u \min \\
 27038300 \text{ Nmm} &> 6142245,33 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Sehingga memerlukan Tulangan Puntir.

#### Tulangan Puntir untuk Lentur

Direncanakan tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir:

$$A_l = \frac{A_t}{s} \times Ph \times \left( \frac{F_{yt}}{f_y} \right) \times \cot^2 \theta \quad \text{Bab 2.4.1.4 Persamaan 2.49}$$

maka:

$$\begin{aligned}
 \frac{A_t}{s} &= \frac{T_n}{2 \times A_o \times F_{yt} \times \cot \theta} \\
 &= \frac{36051066,667}{2 \times 96136 \times 400 \times \cot 45} \\
 &= 0,469 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Sehingga tulangan puntir untuk lentur adalah:

$$\begin{aligned}
 A_l &= 0,469 \times 882 \times \left( \frac{400}{400} \right) \times \cot^2 45 \\
 &= 413,438 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

#### Tulangan Puntir Longitudinal Minimum

$$\begin{aligned}
 \frac{A_t}{s} &\geq \frac{0,175 \times B_w}{F_{yt}} \\
 0,469 \text{ mm} &\geq \frac{0,175 \times 350}{400}
 \end{aligned}$$

$$0,469 \text{ mm} > 0,153 \text{ mm}$$

Maka nilai  $A_t/s$  diambil 0,153 mm<sup>2</sup>

Cek nilai  $A_l$  minimal

$$\begin{aligned}
 A_{l \text{ min}} &= \left( \frac{0,42 \times \sqrt{f_c'} \times A_{cp}}{f_y} - \frac{A_t}{s} \right) \times P_h \times \frac{f_{yt}}{f_y} \\
 &= \left( \frac{0,42 \times 30 \times 1,75 \times 10^6}{400} - 0,153 \right) \times 882 \times \frac{400}{400} \\
 &= 871,384 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat:

$A_{l \text{ perlu}} \leq A_{l \text{ min}}$ , maka menggunakan  $A_{l \text{ min}}$

$A_{l \text{ perlu}} \geq A_{l \text{ min}}$ , maka menggunakan  $A_{l \text{ perlu}}$

Cek :

$$\begin{aligned}
 A_{l \text{ perlu}} &\leq A_{l \text{ min}} \\
 413,438 \text{ mm}^2 &\leq 871,384 \text{ mm}^2 \\
 \text{maka menggunakan } A_{l \text{ min}} &= 871,384 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Tulangan Arah Memanjang dibagi 4 sisi

$$\begin{aligned}
 A_{l \text{ min}}/3 &= 871,384 / 3 \\
 &= 290,461 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Penyebaran Tulangan Torsi

Pada sisi atas = disalurkan pada tulangan tarik balok.

Pada sisi bawah = disalurkan pada tulangan tekan balok.

Pada sisi samping mendapatkan tambahan sebesar:

$$1/3 A_l = 1/3 \times 871,384 = 290,461 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan dengan diameter D16

$$\begin{aligned}
 \text{Luas} &= \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 16^2 \\
 &= 201,143 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$n = \frac{A_l}{\text{Luas Tulangan}} = \frac{290,461}{201,143}$$

$$= 1,44 \approx 2$$

$$\begin{aligned}
 \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} = 2 \times 201,143 \\
 &= 402,286 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$\text{As pasang} > \text{As perlu}$

$$402,286 \text{ mm}^2 > 290,461 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$



Sehingga tulangan puntir pada tumpuan kiri. dan tumpuan kanan adalah 2D16.

e. Penulangan Lentur

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi:  
 $1,2D+1,0E_y+0,3E_x+1,0L$

Garis Netral pada Kondisi Balance

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} \times d = \frac{600}{600 + 400} \times 436$$

$$= 261,600 \text{ mm}$$

Garis Netral pada Kondisi Maksimum

$$X_{\max} = 0,75 \times X_b = 0,75 \times 261,600$$

$$= 196,200 \text{ mm}$$

Garis Netral pada Kondisi Minimum

$$X_{\min} = d'$$

$$= 64 \text{ mm}$$

Garis Netral Rencana

$$X_{\text{rencana}} = 150 \text{ mm}$$

Komponen Beton Tertekan

$$C_{c'} = 0,85 \times f_{c'} \times b_w \times \beta_1 \times X_{\text{rencana}}$$

$$= 0,85 \times 30 \times 350 \times 0,85 \times 150$$

$$= 1137937,500 \text{ N}$$

Luas Tulangan Lentur Gaya Tarik Tulangan Lentur Tunggal

$$A_{sc} = \frac{0,85 \times f_{c'} \times b_w \times \beta_1 \times X_{\text{rencana}}}{f_y}$$

$$= \frac{0,85 \times 30 \times 350 \times 0,85 \times 150}{400}$$

$$= 2844,844 \text{ mm}^2$$

Luas Tulangan Lentur dan Gaya Tarik Tulangan

$$M_{nc} = A_{sc} \times f_y \times \left( d - \frac{\beta_1 \times X_{\text{rencana}}}{2} \right)$$

$$= 2844,844 \times 400 \times \left( 436 - \frac{0,85 \times 150}{2} \right)$$

$$= 423597234,375 \text{ Nmm}$$

- Daerah Tumpuan Kiri

$$\text{Output SAP Mu Tumpuan} = 30639,28 \text{ kgm}$$

$$= 306392800 \text{ Nmm}$$

#### Momen Nominal Tumpuan

$$M_n = M_u / \phi$$

$$= 3063928000,9$$

$$= 340436444,444 \text{ Nmm}$$

#### Cek Syarat Nominal Tulangan Lentur Rangkap

Syarat:

$M_{ns} > 0$ , maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0$ , maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$= 340436444,444 - 423597234,375$$

$$= -83160789,931 \text{ Nmm}$$

Maka tidak perlu tulangan lentur rangkap, sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

#### Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$\rho_b = 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f_c'}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

*Bab 2.4.1.2.1 Persamaan 2.24*

$$= 0,85 \times 0,85 \times \frac{30}{400} \times \left( \frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$= 0,033$$

$$\rho_{\min} = 1,4 / f_y = 1,4 / 400$$

$$= 0,0035$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,033$$

*Bab 2.4.1.2.1 Persamaan 2.25*

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{340436444,444}{1000 \times 436^2}$$

$$= 0,024$$

$$= 5,117$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,686$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,686} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(15,686)(5,117)}{400}} \right) \\ &= 0,01442 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{array}{lll} \rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \\ 0,0035 < 0,01442 < 0,024 & \textbf{(Memenuhi)} \end{array}$$

Maka digunakan  $\rho_{\text{perlu}} = 0,0128$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,01442 \times 1000 \times 436 \\ &= 2201,039 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang ( $A_s$ )

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= A_s + \frac{A_l}{3} = 2201,039 + 290,461 \\ &= 2491,500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan dengan diameter D22

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 22^2 \\ &= 380,133 \text{ mm}^2 \\ n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas Tulangan}} = \frac{2491,500}{380,133} \\ &= 6,554 \approx 7 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} = 7 \times 380,133 \\ &= 2662,000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{array}{ll} A_s \text{ pasang} > A_s \text{ perlu} \\ 2662,000 \text{ mm}^2 > 2491,500 \text{ mm}^2 & \textbf{(Memenuhi)} \end{array}$$

Luasan Pasang Tulangan Lentur Tekan ( $A_s'$ )

Luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik.

$$A_s' = 0,3A_s = 0,3 \times 2491,500 \text{ mm}^2 = 747,450 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan dengan diameter D22

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 22^2 \\ &= 380,133 \text{ mm}^2 \\ n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas Tulangan}} = \frac{747,450}{380,133} \\ &= 1,966 \approx 3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} = 3 \times 380,133 \\ &= 1140,857 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &> A_s \text{ perlu} \\ 1140,857 \text{ mm}^2 &> 747,450 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Syarat:

$$S_{\max} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\max} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Direncanakan dipakai tulangan tarik 7D22 dan tulangan tekan 3D22

Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} S_{\max} &= \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{juml.tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlahtulangan} - 1} \\ S_{\max} &= \frac{350 - (2 \times 40) - (2 \times 13) - (7 \times 22)}{7 - 1} \\ &= 15,00 \text{ mm} \end{aligned}$$

$S_{\max} = 15,00 \text{ mm} < 25 \text{ mm}$ , maka disusun lebih dari satu lapis.

Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned} S_{\max} &= \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{juml.tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlahtulangan} - 1} \\ S_{\max} &= \frac{350 - (2 \times 40) - (2 \times 13) - (3 \times 22)}{3 - 1} \end{aligned}$$

$$= 89,00 \text{ mm}$$

$S_{\max} = 89,00 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$  ,maka disusun satu lapis.

#### Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Lentur pada Balok

Boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom di ujung komponen tersebut. Momen lentur tumpuan (+)  $\geq 1/3$  Momen lentur tumpuan (-).

Maka ditinjau berdasarkan As pasang

$$\begin{aligned} A_{s\text{pasang}} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset_{\text{lentur}} \\ &= 7 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 2662,000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s' \text{ pasang}} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset_{\text{lentur}} \\ &= 3 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 1140,857 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq 1/3 M \text{ lentur tumpuan (-)}$$

$$1140,857 \text{ mm}^2 \geq 1/3 \times 2662,000 \text{ mm}^2$$

$$1140,857 \text{ mm}^2 \geq 887,333 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

Jadi daerah tumpuan kiri dipasang:

$$\text{Tulangan Tarik} = 7D22$$

$$\text{Tulangan Tekan} = 3D22$$

#### Kontrol Kemampuan Penampang

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pasang tulangan tarik}} &= 7D22 \\ a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b_w} = \frac{2662,000 \times 400}{0,85 \times 30 \times 350} \\ &= 119 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times b_w \times f_c' \times a = 0,85 \times 350 \times 30 \times 119 \\ &= 1064800,000 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cs' &= A_s \text{ pakai} \times f_y = 2662,000 \times 400 \\ &= 1064800,000 \text{ N} \end{aligned}$$

$$M_n = \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d'))$$

$$= \left( 1064800 \times \left( 436 - \frac{119}{2} \right) \right) + (1064800 \times (436 - 64))$$

$$= 796840246 \text{ Nmm}$$

Maka:

$$\begin{aligned} \text{Mn pasang} &\geq \text{Mu} \\ 0,9 \text{ Mn} &\geq 306392800 \text{ Nmm} \\ 0,9 (796840246) \text{ Nmm} &\geq 306392800 \text{ Nmm} \\ 717156222 \text{ Nmm} &\geq 306392800 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

**Kontrol Kemampuan Penampang**

$$\begin{aligned} \text{As pasang tulangan tekan} &= 3\text{D}22 \\ a &= \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b \times w} = \frac{1140,857 \times 400}{0,85 \times 30 \times 350} \\ &= 51 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times b \times w \times f_c' \times a = 0,85 \times 350 \times 30 \times 51 \\ &= 456342,857 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cs' &= As \text{ pakai} \times f_y = 1140,857 \times 400 \\ &= 456342,857 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mn} &= \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d')) \\ &= \left( 456342,857 \times \left( 436 - \frac{51}{2} \right) \right) + (456342,857 \times (436 - 64)) \\ &= 357058429 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} \text{Mn pasang} &\geq \text{Mu} \\ 0,9 \text{ Mn} &\geq 306392800 \text{ Nmm} \\ 0,9 (357058429) \text{ Nmm} &\geq 306392800 \text{ Nmm} \\ 321352586 \text{ Nmm} &\geq 306392800 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

- Daerah Tumpuan Kanan

$$\begin{aligned} \text{Output SAP Mu Tumpuan} &= 23092,79 \text{ kgm} \\ &= 230927900 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Momen Nominal Tumpuan

$$\begin{aligned}
 M_n &= \mu_u / \phi \\
 &= 230927900 / 0,9 \\
 &= 25686555,556 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Cek Syarat Nominal Tulangan Lentur Rangkap

Syarat:

$M_{ns} > 0$ , maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0$ , maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$\begin{aligned}
 M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\
 &= 25686555,556 - 423597234,375 \\
 &= -167010678,819 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Maka tidak perlu tulangan lentur rangkap, sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$\rho_b = 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f_c'}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

*Bab 2.4.1.2.1 Persamaan 2.24*

$$\begin{aligned}
 &= 0,85 \times 0,85 \times \frac{30}{400} \times \left( \frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &= 0,033 \\
 \rho_{\min} &= 1,4 / f_y = 1,4 / 400 \\
 &= 0,0035 \\
 \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,033
 \end{aligned}$$

*Bab 2.4.1.2.1 Persamaan 2.25*

$$\begin{aligned}
 &= 0,024 \\
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{25686555,556}{1000 \times 436^2} \\
 &= 3,856 \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30} \\
 &= 15,686
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{15,686} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(15,686)(3,856)}{400}} \right) \\ &= 0,01051\end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{array}{lll}\rho_{\min} & < \rho_{\text{perlu}} & < \rho_{\max} \\ 0,0035 & < 0,01051 & < 0,024 \quad \textbf{(Memenuhi)}\end{array}$$

Maka digunakan  $\rho_{\text{perlu}} = 0,01051$

$$\begin{aligned}\text{As} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,01051 \times 1000 \times 436 \\ &= 1603,386 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (As)

$$\text{As perlu} = \text{As} + \frac{Al}{3} = 1603,386 + 290,461$$

$$= 1893,848 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan dengan diameter D22

$$\begin{aligned}\text{Luas} &= \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 22^2 \\ &= 380,133 \text{ mm}^2 \\ n &= \frac{\text{As}_{\text{perlu}}}{\text{LuasTulangan}} = \frac{1893,848}{380,133} \\ &= 4,982 \approx 7\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} = 7 \times 380,133 \\ &= 2662,000 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{array}{ll}\text{As pasang} & > \text{As perlu} \\ 2662,000 \text{ mm}^2 & > 1893,848 \text{ mm}^2 \quad \text{(Oke)}\end{array}$$

Luasan Pasang Tulangan Lentur Tekan (As')

Luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik.

$$\begin{aligned}\text{As}' &= 0,3 \text{As} = 0,3 \times 1893,848 \text{ mm}^2 \\ &= 568,154 \text{ mm}^2\end{aligned}$$



Direncanakan tulangan dengan diameter D22

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 22^2 \\ &= 380,133 \text{ mm}^2 \\ n &= \frac{\text{As perlu}}{\text{Luas Tulangan}} = \frac{568,154}{380,133} \\ &= 1,495 \approx 3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} = 3 \times 380,133 \\ &= 1140,857 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &> \text{As perlu} \\ 1140,857 \text{ mm}^2 &> 568,154 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Syarat:

$$S_{\max} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\max} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Direncanakan dipakai tulangan tarik 5D22 dan tulangan tekan 3D22

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{\max} = \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{juml.tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlahtulangan} - 1}$$

$$S_{\max} = \frac{350 - (2 \times 40) - (2 \times 13) - (7 \times 22)}{7 - 1}$$

$$= 15,00 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 15,00 \text{ mm} < 25 \text{ mm} \text{ ,maka disusun satu lapis.}$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{\max} = \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{juml.tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlahtulangan} - 1}$$

$$S_{\max} = \frac{350 - (2 \times 40) - (2 \times 13) - (3 \times 22)}{3 - 1}$$

$$= 89,00 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 89,00 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \text{ ,maka disusun satu lapis.}$$

Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Lentur pada Balok

Boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom di ujung komponen tersebut. Momen lentur tumpuan (+)  $\geq 1/3$  Momen lentur tumpuan (-).

Maka ditinjau berdasarkan As pasang

$$\begin{aligned} A_{s\text{pasang}} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset_{\text{lentur}} \\ &= 7 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 2662,000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s'} \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset_{\text{lentur}} \\ &= 3 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 1140,857 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq 1/3 M \text{ lentur tumpuan (-)}$$

$$1140,857 \text{ mm}^2 \geq 1/3 \times 2662,000 \text{ mm}^2$$

$$1140,857 \text{ mm}^2 \geq 887,333 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

Jadi daerah tumpuan kiri dipasang:

$$\text{Tulangan Tarik} = 7D22$$

$$\text{Tulangan Tekan} = 3D22$$

Kontrol Kemampuan Penampang

$$\begin{aligned} A_{s\text{ pasang tulangan tarik}} &= 7D22 \\ a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b_w} = \frac{2662,000 \times 400}{0,85 \times 30 \times 350} \\ &= 119 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times b_w \times f_c' \times a = 0,85 \times 350 \times 30 \times 119 \\ &= 1064800 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cs' &= A_{s\text{ pakai}} \times f_y = 2662,000 \times 400 \\ &= 1064800 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d')) \\ &= \left( 1064800 \times \left( 436 - \frac{119}{2} \right) \right) + (1064800 \times (436 - 64)) \end{aligned}$$

$$= 796840246 \text{ Nmm}$$

Maka:

$$\begin{aligned} \text{Mn pasang} &\geq \text{Mu} \\ 0,9 \text{ Mn} &\geq 230927900 \text{ Nmm} \\ 0,9 (796840246) \text{ Nmm} &\geq 230927900 \text{ Nmm} \\ 717156222 \text{ Nmm} &\geq 230927900 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

Kontrol Kemampuan Penampang

$$\begin{aligned} \text{As pasang tulangan tekan} &= 3\text{D}22 \\ a &= \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b_w} = \frac{1140,857 \times 400}{0,85 \times 30 \times 350} \\ &= 51 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times b_w \times f_c' \times a = 0,85 \times 350 \times 30 \times 51 \\ &= 456342,857 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cs' &= As \text{ pakai} \times f_y = 1140,857 \times 400 \\ &= 456342,857 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mn} &= \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d')) \\ &= \left( 456342,857 \times \left( 436 - \frac{51}{2} \right) \right) + (456342,857 \times (436 - 64)) \\ &= 357058429 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} \text{Mn pasang} &\geq \text{Mu} \\ 0,9 \text{ Mn} &\geq 230927900 \text{ Nmm} \\ 0,9 (357058429) \text{ Nmm} &\geq 230927900 \text{ Nmm} \\ 321352586 \text{ Nmm} &\geq 230927900 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

- Daerah Lapangan

$$\begin{aligned} \text{Output SAP Mu Tumpuan} &= 15109,81 \text{ kgm} \\ &= 151098100 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Momen Nominal Tumpuan

$$\begin{aligned} \text{Mn} &= \text{Mu} / \phi \\ &= 151098100 / 0,9 \\ &= 167886777,778 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Cek Syarat Nominal Tulangan Lentur Rangkap

Syarat:

$M_{ns} > 0$ , maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0$ , maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$\begin{aligned} M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\ &= 167886777,778 - 423597234,375 \\ &= -255710456,597 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Maka tidak perlu tulangan lentur rangkap, sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$\rho_b = 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f_c'}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

*Bab 2.4.1.2.1 Persamaan 2.24*

$$\begin{aligned} &= 0,85 \times 0,85 \times \frac{30}{400} \times \left( \frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,033 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= 1,4/f_y = 1,4/400 \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,033$$

*Bab 2.4.1.2.1 Persamaan 2.25*

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{167886777,778}{1000 \times 436^2} \\ &= 2,523 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30} \\ &= 15,686 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,686} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(15,686)(2,523)}{400}} \right) \end{aligned}$$

$$= 0,00666$$

Syarat:

$$\begin{array}{lll} \rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \\ 0,0035 < 0,00666 < 0,024 & \text{(Memenuhi)} \end{array}$$

Maka digunakan  $\rho_{\text{perlu}} = 0,00666$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,00666 \times 1000 \times 436 \\ &= 1015,674 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang ( $A_s$ )

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= A_s + \frac{Al}{3} = 1015,674 + 290,461 \\ &= 1306,135 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan dengan diameter D22

$$\text{Luas} = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 22^2$$

$$\begin{aligned} n &= \frac{380,133 \text{ mm}^2}{A_s \text{ perlu}} = \frac{1306,135}{380,133} \\ &= 3,436 \approx 4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} = 4 \times 380,133 \\ &= 1521,143 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{array}{ll} A_s \text{ pasang} > A_s \text{ perlu} \\ 1521,143 \text{ mm}^2 > 1306,135 \text{ mm}^2 \end{array}$$

**(Memenuhi)**

Luasan Pasang Tulangan Lentur Tekan ( $A_s'$ )

Luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik.

$$\begin{aligned} A_s' &= 0,3 A_s = 0,3 \times 1306,135 \text{ mm}^2 \\ &= 391,841 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan dengan diameter D22

$$\text{Luas} = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 22^2$$

$$n = \frac{380,133 \text{ mm}^2}{\frac{As \text{ perlu}}{Luas Tulangan}} = \frac{391,841}{380,133}$$

$$= 1,031 \approx 2$$

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} = 2 \times 380,133 \\ &= 760,571 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &> \text{As perlu} \\ 760,571 \text{ mm}^2 &> 391,841 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Syarat:

$$S_{\max} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\max} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Direncanakan dipakai tulangan tarik 4D22 dan tulangan tekan 2D22

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{\max} = \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{juml.tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlahtulangan} - 1}$$

$$S_{\max} = \frac{350 - (2 \times 40) - (2 \times 13) - (4 \times 22)}{4 - 1}$$

$$= 52,00 \text{ mm}$$

$S_{\max} = 52,00 \text{ mm} < 25 \text{ mm}$  ,maka disusun lebih dari satu lapis.

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{\max} = \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{juml.tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlahtulangan} - 1}$$

$$S_{\max} = \frac{350 - (2 \times 40) - (2 \times 13) - (2 \times 22)}{2 - 1}$$

$$= 200,00 \text{ mm}$$

$S_{\max} = 200,00 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$  ,maka disusun satu lapis.

Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Lentur pada Balok

Boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima

kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom di ujung komponen tersebut. Momen lentur tumpuan (+)  $\geq 1/3$  Momen lentur tumpuan (-).

Maka ditinjau berdasarkan  $A_s$  pasang

$$\begin{aligned} A_{s\text{pasang}} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset_{\text{lentur}} \\ &= 4 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 1521,143 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s' \text{ pasang}} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset_{\text{lentur}} \\ &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 760,571 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M \text{ lentur tumpuan (+)} &\geq 1/3 M \text{ lentur tumpuan (-)} \\ 760,571 \text{ mm}^2 &\geq 1/3 \times 1521,143 \text{ mm}^2 \\ 760,571 \text{ mm}^2 &\geq 507,048 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

Jadi daerah tumpuan kiri dipasang:

$$\text{Tulangan Tarik} = 4D22$$

$$\text{Tulangan Tekan} = 2D22$$

Kontrol Kemampuan Penampang

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang tulangan tarik} &= 4D22 \\ a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b_w} = \frac{1521,143 \times 400}{0,85 \times 30 \times 350} \\ &= 68 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times b_w \times f_c' \times a = 0,85 \times 350 \times 30 \times 68 \\ &= 608457,143 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cs' &= A_s \text{ pakai} \times f_y = 1521,143 \times 400 \\ &= 608457,143 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + \left( Cs' \times (d - d') \right) \\ &= \left( 608457,143 \times \left( 436 - \frac{68}{2} \right) \right) + \left( 608457,143 \times (436 - 64) \right) \\ &= 470892750 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} M_n \text{ pasang} &\geq M_u \\ 0,9 M_n &\geq 151098100 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$0,9 (470892750)\text{Nmm} \geq 151098100 \text{ Nmm}$$

$$423803475 \text{ Nmm} \geq 151098100 \text{ Nmm}$$

**(Memenuhi)**

Kontrol Kemampuan Penampang

$$\text{As pasang tulangan tekan} = 2\text{D}22$$

$$a = \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b_w} = \frac{760,571 \times 400}{0,85 \times 30 \times 350} = 34 \text{ mm}$$

$$C_c' = 0,85 \times b_w \times f_c' \times a = 0,85 \times 350 \times 30 \times 34 = 304228,571 \text{ N}$$

$$C_s' = As \text{ pakai} \times f_y = 760,571 \times 400 = 304228,571 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \left( C_c' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + (C_s' \times (d - d')) \\ &= \left( 304228,571 \times \left( 436 - \frac{34}{2} \right) \right) + (304228,571 \times (436 - 64)) \\ &= 240631530 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Maka:

$$M_n \text{ pasang} \geq M_u$$

$$0,9 M_n \geq 151098100 \text{ Nmm}$$

$$0,9 (240631530)\text{Nmm} \geq 151098100 \text{ Nmm}$$

$$216568377 \text{ Nmm} \geq 151098100 \text{ Nmm}$$

**(Memenuhi)**

f. Penulangan Geser

Berdasarkan perhitungan tulangan lentur balok didapatkan:

- Momen Nominal Kiri

Momen nominal kiri diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan kiri, hasil luasan tulangan adalah sebagai berikut:

$$\text{As pakai tulangan tarik} \rightarrow 7\text{D}22 = 2662,000 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tulangan tekan} \rightarrow 3\text{D}22 = 1140,857 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{As \text{ tarik} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b_w} = \frac{2662 \times 400}{0,85 \times 30 \times 350}$$



$$= 119 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{nl} &= A_s \text{ tarik} \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 2662,000 \times 400 \times \left( 436 - \frac{119}{2} \right) \\ &= 400734646,499 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

- Momen Nominal Kanan

Momen nominal kanan diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan, hasil luasan tulangan adalah sebagai berikut:

As pakai tulangan tarik  $\rightarrow 7D22 = 2662,000 \text{ mm}^2$

As pakai tulangan tekan  $\rightarrow 3D22 = 1140,857 \text{ mm}^2$

$$a = \frac{A_s \text{ tekan} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b \times w} = \frac{1140,857 \times 400}{0,85 \times 30 \times 350}$$

$$= 51 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{nr} &= A_s \text{ tekan} \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 1140,857 \times 400 \times \left( 436 - \frac{51}{2} \right) \\ &= 187298886,09 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil output SAP akibat kombinasi 1,2D+1,6L+0,5Lr didapatkan nilai gaya geser terfaktor:

$$V_u = 20176,08 \text{ kg}$$

$$= 201760,8 \text{ N}$$

Gaya Geser pada ujung Perletakkan Diperoleh dari:

$$V_{u1} = \frac{M_{n_l} + M_{n_r}}{\ell_n} + \frac{W_u \times \ell_n}{2}$$

*Bab 2.3.1.3 Gambar 2.7*

$$= \frac{M_{n_l} + M_{n_r}}{\ell_n} + V_u$$

$$= \frac{400734646,499 + 187298886,09}{6600} + 201760,8$$

$$= 290856,790 \text{ N}$$

Syarat Kuat Tekan Beton

Nilai dari  $\sqrt{f_c'}$  tidak boleh melebihi 8,3 MPa

$$\sqrt{f_c'} \leq 8,3 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{30} \leq 8,3 \text{ MPa}$$

$$5,477 \text{ MPa} \leq 8,3 \text{ MPa}$$

Kuat Geser Beton

$$V_c = 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d$$

*Bab 2.4.1.3 Persamaan 2.42*

$$= 0,17 \times 1 \times \sqrt{30} \times 350 \times 6$$

$$= 142090,186 \text{ N}$$

Kuat Geser Tulangan Geser

$$V_s \text{ min} = \frac{1}{3} \times b_w \times d = \frac{1}{3} \times 350 \times 436$$

$$= 50866,667 \text{ N}$$

$$V_s \text{ max} = \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d = \frac{2}{3} \times \sqrt{30} \times 350 \times 436$$

$$= 557216,415 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d = \frac{1}{3} \times \sqrt{30} \times 350 \times 436$$

$$= 278608,208 \text{ N}$$

Pembagian Wilayah Geser Balok

Dalam perhitungan tulangan geser pada balok, wilayah balok dibagi menjadi tiga wilayah, wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan), yaitu sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom ke arah tengah bentang. lalu wilayah 2 (daerah lapangan), dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke  $\frac{1}{2}$  bentang balok.

Penulangan Geser Balok

- Wilayah 1 dan 3 (Daerah Tumpuan)

$$V_{u1} = 290856,790 \text{ N}$$

Kondisi 1

$$V_u < 0,5 \phi V_c \rightarrow \text{Tidak perlu tulangan geser}$$

$$290856,790 \text{ N} < 53283,820 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

Kondisi 2

$$0,5 \phi V_c < V_u < \phi V_c \rightarrow \text{Tulangan geser minimum}$$

$$53283,820 \text{ N} < 290856,790 \text{ N} < 106567,640 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

Kondisi 3

$$\phi V_c < V_u < \phi(V_c + V_s \text{ min}) \rightarrow \text{Tulangan geser minimum}$$

$$106567,640 \text{ N} < 290856,790 \text{ N} < 144717,639 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

Kondisi 4

$$\phi(V_c + V_s \text{ min}) < V_u < \phi(V_c + V_s) \rightarrow \text{Perlu tulangan geser}$$

$$144717,639 \text{ N} < 290856,790 \text{ N} < 315523,795 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

Kondisi 5

$$\phi(V_c + V_s) < V_u < \phi(V_c + V_s \text{ maks}) \rightarrow \text{Perlu tulangan geser}$$

$$315523,795 \text{ N} < 290856,790 \text{ N} < 524479,951 \text{ N}$$

**(Memenuhi)**

Maka perencanaan tulangan geser tumpuan berdasarkan

Kondisi 4.

$$V_s \text{ perlu} = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi}$$

$$= \frac{290856,790 - 106567,640}{0,75}$$

$$= 245718,867 \text{ N}$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s \text{ perlu}}{f_y \times d}$$

$$= \frac{245718,867}{400 \times 436}$$

$$= 1,409 \text{ mm}$$

$$\frac{A_v \text{ perlu}}{s \text{ perlu}} = \frac{2A_t}{s} + \frac{A_v}{s}$$

$$= 2(0,469) + 1,409$$

$$= 2,346 \text{ mm}$$

Direncanakan menggunakan tulangan  $\emptyset 13$  mm dengan dua kaki, maka luasan tulangan geser:

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n_{kaki} = \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 \times 2$$

$$= 265,571 \text{ mm}^2$$

Jarak Tulangan Geser Perlu

$$S_{\text{perlu}} = \frac{A_{v\text{perlu}}}{2,346} = \frac{265,571}{2,346}$$

$$= 113,18 \text{ mm}$$

Maka dipasang jarak 100 mm antar tulangan geser.

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser berdasarkan Kondisi 5

$$S_{\text{maks}} \leq d/4 \quad \text{atau} \quad S_{\text{maks}} \leq 300 \text{ mm}$$

$$100 \text{ mm} \leq 109 \text{ mm} \quad \text{atau} \quad 100 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm}$$

**(Memenuhi)**

Sehingga dipakai tulangan geser  $\emptyset 13$  mm jarak 100 mm.

- Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Geser pada Balok  
Dijelaskan dalam SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.(2), pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perlentakkan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakkan.

Spasi sengkang tidak boleh melebihi:

- $S_{\text{pakai}} \leq d/4$   
100 mm < 109 mm **(Memenuhi)**
- $S_{\text{pakai}} \leq 8 \times \emptyset_{\text{tulangan longitudinal}}$   
100 mm < 176 mm **(Memenuhi)**
- $S_{\text{pakai}} \leq 24 \times \emptyset_{\text{tulangan lsengkang}}$   
100 mm < 312 mm **(Memenuhi)**
- $S_{\text{pakai}} \leq 300 \text{ mm}$   
100 mm < 300 mm **(Memenuhi)**

- Wilayah 2 (Daerah Lapangan)

$$\begin{aligned}
 \frac{Vu_2}{0,5\ell n - 2h} &= \frac{Vu_1}{0,5\ell n} \\
 Vu_2 &= \frac{Vu_1 \times (0,5\ell n - 2h)}{0,5\ell n} \\
 &= \frac{290856,79 \times (0,5(6600) - 2(500))}{0,5(6600)} \\
 &= 202718,369 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kondisi 1

$Vu < 0,5 \phi Vc \rightarrow$  Tidak perlu tulangan geser  
 $202718,369 \text{ N} < 52383,820 \text{ N}$

**(Tidak Memenuhi)**

Kondisi 2

$0,5 \phi Vc < Vu < \phi Vc \rightarrow$  Tulangan geser minimum  
 $52383,820 \text{ N} < 202718,369 \text{ N} < 106567,640 \text{ N}$

**(Tidak Memenuhi)**

Kondisi 3

$\phi Vc < Vu < \phi(Vc + Vs \text{ min}) \rightarrow$  Tulangan geser minimum  
 $106567,640 \text{ N} < 202718,369 \text{ N} < 144717,639 \text{ N}$

**(Tidak Memenuhi)**

Kondisi 4

$\phi(Vc + Vs \text{ min}) < Vu < \phi(Vc + Vs) \rightarrow$  Perlu tulangan geser  
 $144717,639 \text{ N} < 202718,369 \text{ N} < 315523,795 \text{ N}$

**(Memenuhi)**

Kondisi 5

$\phi(Vc + Vs) < Vu < \phi(Vc + Vs \text{ maks}) \rightarrow$  Perlu tulangan geser  
 $315523,795 \text{ N} < 202718,369 \text{ N} < 524479,951 \text{ N}$

**(Stop)**

Maka perencanaan tulangan geser tumpuan berdasarkan

Kondisi 4.

$$\begin{aligned}
 Vs \text{ perlu} &= \frac{Vu - \phi Vc}{\phi} \\
 &= \frac{202718,369 - 106567,640}{0,75}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 128200,97 \text{ N} \\
 \frac{A_v}{s} &= \frac{V_s \text{ perlu}}{f_y \times d} \\
 &= \frac{128200,97}{400 \times 436} \\
 &= 0,735 \text{ mm} \\
 \frac{A_v \text{ perlu}}{s \text{ perlu}} &= \frac{2A_t}{s} + \frac{A_v}{s} \\
 &= 2(0,469) + 0,735 \\
 &= 1,673 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan Ø13 mm dengan dua kaki, maka luasan tulangan geser:

$$\begin{aligned}
 A_v &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki} = \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 \times 2 \\
 &= 265,571 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jarak Tulangan Geser Perlu

$$\begin{aligned}
 S \text{ perlu} &= \frac{A_v \text{ perlu}}{1,673} = \frac{265,571}{1,673} \\
 &= 158,78 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka dipasang jarak 150 mm antar tulangan geser.

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser berdasarkan Kondisi 4.

$$\begin{aligned}
 S_{\text{maks}} &\leq d/2 & \text{atau} & & S_{\text{maks}} &\leq 300 \text{ mm} \\
 150 \text{ mm} &\leq 218 \text{ mm} & \text{atau} & & 150 \text{ mm} &\leq 300 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

Sehingga dipakai tulangan geser Ø13 mm jarak 150 mm.

- Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Geser pada Balok Dijelaskan dalam SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.(3), sengkang harus dispasikan tidak melebihi dari  $d/2$  sepanjang panjang balok.

$$\begin{aligned}
 \blacksquare S_{\text{pakai}} &\leq d/2 \\
 150 \text{ mm} &< 218 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

- g. Perhitungan Panjang Penyaluran dan Kontrol Retak  
Penyaluran Tulangan dalam Kondisi Tarik

$$l_d = \frac{f_y \times \psi_t \times \psi_e}{1,7 \times \lambda \times \sqrt{f_c'}} \times db \quad \text{Bab 2.4.1.5 Persamaan 2.51}$$

dimana:

$\Psi_t$  = faktor lokasi penulangan, digunakan 1,0

$\Psi_e$  = faktor pelapis, digunakan 1,0

Sehingga:

$$\begin{aligned} l_d &= \frac{400 \times 1,0 \times 1,0}{1,7 \times 1,0 \times \sqrt{30}} \times 22 \\ &= 945,1 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda \text{ reduksi} &= \frac{As_{perlu}}{As_{pasang}} \times \lambda d \\ &= \frac{2491,500}{2662,000} \times 945,1 \\ &= 884,6 \text{ mm} \approx 1000 \text{ mm} \end{aligned}$$

Penyaluran Tulangan dalam Kondisi Tekan

$$l_d = \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times db \quad \text{Bab 2.4.1.5 Persamaan 2.52}$$

$$= \frac{0,24 \times 400}{1,0 \times \sqrt{30}} \times 22$$

$$= 385,6 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} l_d &= 0,034 \times f_y \times db \\ &= 0,034 \times 400 \times 22 \\ &= 299,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

diambil nilai  $l_d$  terbesar yaitu 385,6 mm

$$\begin{aligned} \lambda \text{ reduksi} &= \frac{As_{perlu}}{As_{pasang}} \times \lambda d \\ &= \frac{2491,500}{2662,000} \times 385,6 \end{aligned}$$

$$= 360,899 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}$$

#### Penyaluran Tulangan Berkait dalam Kondisi Tarik

$$\begin{aligned} \lambda d &= \frac{0,24 \times \psi_e \times f_y}{\frac{\lambda \times \sqrt{f_c'}}{0,24 \times 1,0 \times 400}} \times db \\ &= \frac{0,24 \times \sqrt{30}}{1,0 \times \sqrt{30}} \times 22 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 385,6 \text{ mm} \\ \lambda \text{ reduksi} &= \frac{As_{perlu}}{As_{pasang}} \times \lambda d \\ &= \frac{2491,500}{2662,000} \times 385,6 \\ &= 360,899 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### **4.5.2 Perhitungan Penulangan Sloof**

Perhitungan tulangan sloof dengan dimensi (30x45) cm. Berikut ini adalah data perencanaan balok berdasarkan gambar denah pembalokan, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000. Selanjutnya akan dihitung dengan metode SRPMM.

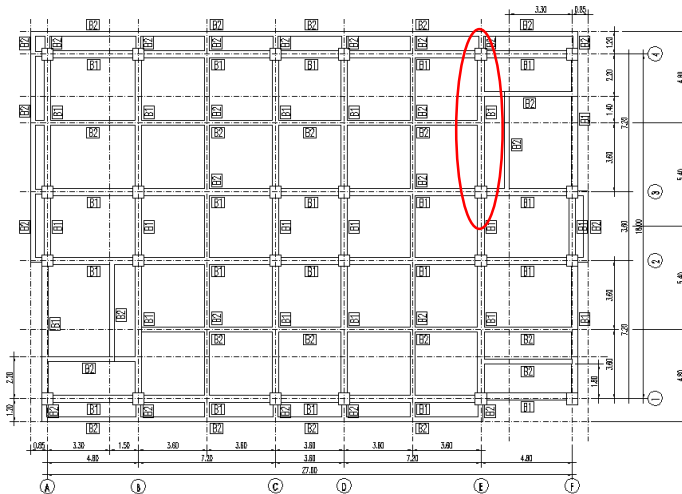
##### ➤ Data Perencanaan

Tipe Balok	= Sloof (S1)
Bentang = 7,2 m	= 7200 mm
b = 30 cm	= 300 mm
h = 45 cm	= 450 mm
Kolom :	
b = 60 cm	= 600 mm
h = 60 cm	= 600 mm
Mutu Beton ( $f_c'$ )	= 30 MPa
$f_y$ Lentur	= 400 MPa
$f_y$ Geser	= 400 MPa
$f_y$ Puntir	= 400 MPa
$\phi$ Lentur	= 0,9
$\phi$ Geser	= 0,75
$\phi$ Torsi	= 0,75
$\beta_1$	= 0,85



Tebal Selimut Beton	= 40	mm
Jarak Spasi Tulangan Sejajar	= 25	mm
Diameter Tulangan Lentur	= 16	mm
Diameter Tulangan Geser	= 10	mm
Diameter Tulangan Puntir	= 13	mm

➤ Sketsa



**Gambar 4. 75 Denah Sloof**

➤ Perhitungan

a. Tinggi Efektif Balok

$$\begin{aligned}
 d &= h - \text{decking} - \varnothing_{\text{sengkan}} - \frac{1}{2} \varnothing_{\text{tulangan lentur}} \\
 &= 450 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \frac{1}{2} 16 \text{ mm} \\
 &= 392 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d' &= \text{decking} + \varnothing_{\text{sengkan}} + \frac{1}{2} \varnothing_{\text{tulangan lentur}} \\
 &= 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + \frac{1}{2} 16 \text{ mm} \\
 &= 58 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

b. Hasil Output dan Diagram Gaya Berdasarkan Analisa SAP 2000

Setelah dilakukan analisa menggunakan program SAP 2000, maka didapatkan hasil output dan diagram

gaya dalam sehingga digunakan dalam proses perhitungan tulangan. Dari hasil output didapat nilai terbesar pada frame 25 pemodelan SAP 2000, berikut adalah hasil output analisa dari program SAP 2000:

### Hasil Output Puntir

Kombinasi : 1,2D+1,6L+0,5Lr.

Momen Puntir : 690,68 kgm.

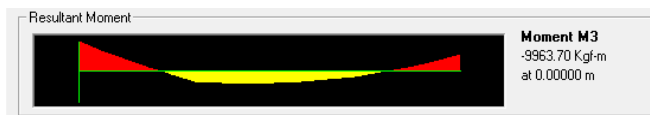


**Gambar 4. 76** Output SAP 2000 Momen Sloof

### Hasil Output Diagram Momen Lentur

Kombinasi : 1,2D+1,0Ey+0,3Ex+1,0L.

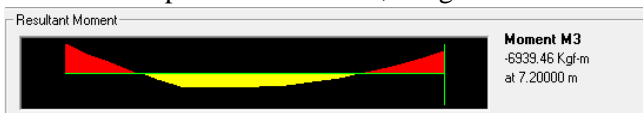
Momen Tumpuan Kiri : 9963,70 kgm.



**Gambar 4. 77** Output SAP 2000 Momen Lentur Kiri Sloof

Kombinasi : 1,2D+1,6L+0,5Lr.

Momen Tumpuan Kanan : 6939,46 kgm.



**Gambar 4. 78** Output SAP 2000 Momen Lentur Kanan Sloof

Kombinasi : 1,2D+1,6L+0,5Lr.

Momen Lapangan : 3894,23 kgm.

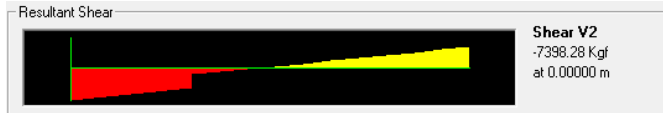


**Gambar 4. 79** Output SAP 2000 Momen Lentur Lapangan Sloof

### Hasil Output Diagram Gaya Geser

Kombinasi : 1,2D+1,6L+0,5Lr

Gaya Geser : 27487,80 kg



**Gambar 4. 80** Output SAP 2000 Gaya Geser Sloof

c. Periksa Dimensi Penampang

- Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b_{balok} \times h_{balok} = 300 \times 450 \\ &= 135000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Parameter luar irisan penampang beton  $A_{cp}$

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b_{balok} + h_{balok}) = 2 \times (300 + 450) \\ &= 1500 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Luas penampang dibatasi As tulangan sengkang

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b_{balok} - 2t_{decking} - 2\emptyset) \times (h_{balok} - 2t_{decking} - 2\emptyset) \\ &= (300 - 2(40) - 2(10)) \times (450 - 2(40) - 2(10)) \\ &= 70000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Keliling penampang dibatasi As tulangan sengkang

$$\begin{aligned} P_{oh} &= 2[(b_{balok} - 2t_{decking} - 2\emptyset) + (h_{balok} - 2t_{decking} - 2\emptyset)] \\ &= 2 \times [(300 - 2(40) - 2(10)) + (450 - 2(40) - 2(10))] \\ &= 750 \text{ mm} \end{aligned}$$

d. Penulangan Puntir

$$T_u = 690,68 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned} T_n &= \frac{T_u}{0,75} = \frac{690,68 \times 10^4}{0,75} \\ &= 9209066,7 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$T_{u \text{ min}} = \phi 0,083 \lambda \sqrt{f_c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

Bab 2.4.1.4 Persamaan 2.44

$$\begin{aligned} &= (0,75) 0,083 (1) \sqrt{30} \left( \frac{135000^2}{1500} \right) \\ &= 4142631,1 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_u \max &= \phi 0,33 \lambda \sqrt{f_c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\
 &\quad \text{Bab 2.4.1.4 Persamaan 2.45} \\
 &= (0,75) 0,33 (1) \sqrt{30} \left( \frac{135000^2}{1500} \right) \\
 &= 16470702 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Cek Pengaruh Momen Puntir

$$T_u > T_u \min$$

$$696800 \text{ Nmm} > 4142631,1 \text{ Nmm}$$

Sehingga memerlukan Tulangan Puntir.

Tulangan Puntir untuk Lentur

Direncanakan tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir:

$$A_l = \frac{A_t}{s} \times Ph \times \left( \frac{F_{yt}}{f_y} \right) \times \cot^2 \theta \quad \text{Bab 2.4.1.4 Persamaan 2.49}$$

maka:

$$\begin{aligned}
 \frac{A_t}{s} &= \frac{T_n}{2 \times A_o \times F_{yt} \times \cot \theta} \\
 &= \frac{9209066,7}{2 \times 70000 \times 400 \times \cot 45} \\
 &= 0,16 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Sehingga tulangan puntir untuk lentur adalah:

$$\begin{aligned}
 A_l &= 0,16 \times 750 \times \left( \frac{400}{400} \right) \times \cot^2 45 \\
 &= 123,336 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Tulangan Puntir Longitudinal Minimum

$$\begin{aligned}
 \frac{A_t}{s} &\geq \frac{0,175 \times B_w}{F_{yt}} \\
 0,16 \text{ mm} &\geq \frac{0,175 \times 300}{400}
 \end{aligned}$$

$$0,469 \text{ mm} > 0,13 \text{ mm}$$

Maka nilai  $A_t/s$  diambil  $0,13 \text{ mm}^2$

Cek nilai  $A_l$  minimal

$$\begin{aligned}
 A_{l \text{ min}} &= \left( \frac{0,42 \times \sqrt{f_c'} \times A_{cp}}{f_y} - \frac{A_t}{s} \right) \times P_h \times \frac{f_y t}{f_y} \\
 &= \left( \frac{0,42 \times 30 \times 1,35 \times 10^6}{400} - 0,13 \right) \times 750 \times \frac{400}{400} \\
 &= 677,959 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat:

$A_{l \text{ perlu}} \leq A_{l \text{ min}}$ , maka menggunakan  $A_{l \text{ min}}$

$A_{l \text{ perlu}} \geq A_{l \text{ min}}$ , maka menggunakan  $A_{l \text{ perlu}}$

Cek :

$$A_{l \text{ perlu}} \leq A_{l \text{ min}}$$

$$123,336 \text{ mm}^2 \leq 677,959 \text{ mm}^2$$

maka menggunakan  $A_{l \text{ min}} = 677,959 \text{ mm}^2$

Tulangan Arah Memanjang dibagi 4 sisi

$$\begin{aligned}
 A_{l \text{ min}}/3 &= 677,959 / 3 \\
 &= 225,986 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Penyebaran Tulangan Torsi

Pada sisi atas = disalurkan pada tulangan tarik balok.

Pada sisi bawah = disalurkan pada tulangan tekan balok.

Pada sisi samping mendapatkan tambahan sebesar:

$$1/3 A_l = 1/3 \times 677,959 = 225,986 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan dengan diameter D13

$$\begin{aligned}
 \text{Luas} &= \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 13^2 \\
 &= 132,786 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$n = \frac{A_l}{\text{Luas Tulangan}} = \frac{225,986}{132,786}$$

$$= 1,70 \approx 2$$

$$\begin{aligned}
 \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} = 2 \times 132,786 \text{ mm}^2 \\
 &= 265,571 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$\text{As pasang} > \text{As perlu}$

$265,571 \text{ mm}^2 > 225,986 \text{ mm}^2$  (**Memenuhi**)

Sehingga tulangan puntir pada tumpuan kiri. dan tumpuan kanan adalah 2D13.

e. Penulangan Lentur

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi:  
1,2D+1,0Ey+0,3Ex+1,0L

Garis Netral pada Kondisi Balance

$$\begin{aligned} X_b &= \frac{600}{600 + f_y} \times d = \frac{600}{600 + 400} \times 392 \\ &= 235,200 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral pada Kondisi Maksimum

$$\begin{aligned} X_{\max} &= 0,75 \times X_b = 0,75 \times 235,200 \\ &= 176,400 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral pada Kondisi Minimum

$$\begin{aligned} X_{\min} &= d' \\ &= 58 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Rencana

$$X_{\text{rencana}} = 150 \text{ mm}$$

Komponen Beton Tertekan

$$\begin{aligned} C_{c'} &= 0,85 \times f_{c'} \times b_w \times \beta_1 \times X_{\text{rencana}} \\ &= 0,85 \times 30 \times 300 \times 0,85 \times 150 \\ &= 975375 \text{ N} \end{aligned}$$

Luas Tulangan Lentur Gaya Tarik Tulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{0,85 \times f_{c'} \times b_w \times \beta_1 \times X_{\text{rencana}}}{f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 30 \times 300 \times 0,85 \times 150}{400} \\ &= 2438,436 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luas Tulangan Lentur dan Gaya Tarik Tulangan

$$\begin{aligned} M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left( d - \frac{\beta_1 \times X_{\text{rencana}}}{2} \right) \\ &= 2438,426 \times 400 \times \left( 392 - \frac{0,85 \times 150}{2} \right) \end{aligned}$$

$$= 320166844 \text{ Nmm}$$

- Daerah Tumpuan Kiri

$$\begin{aligned}\text{Output SAP Mu Tumpuan} &= 9963,7 \text{ kgm} \\ &= 99637000 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

#### Momen Nominal Tumpuan

$$\begin{aligned}M_n &= Mu/\phi \\ &= 99637000/0,9 \\ &= 10707778 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

#### Cek Syarat Nominal Tulangan Lentur Rangkap

Syarat:

$M_{ns} > 0$ , maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0$ , maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$\begin{aligned}M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\ &= 10707778 - 320166844 \\ &= -209459066 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

Maka tidak perlu tulangan lentur rangkap, sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

#### Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$\rho_b = 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f_c'}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

*Bab 2.4.1.2.1 Persamaan 2.24*

$$\begin{aligned}&= 0,85 \times 0,85 \times \frac{30}{400} \times \left( \frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,033\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= 1,4/f_y = 1,4/400 \\ &= 0,0035\end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,033$$

*Bab 2.4.1.2.1 Persamaan 2.25*

$$\begin{aligned}R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{110707778}{1000 \times 392^2} \\ &= 2,40\end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,686$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,686} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(15,686)(2,40)}{400}} \right) \\ &= 0,00632 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{array}{lll} \rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \\ 0,0035 < 0,00632 < 0,024 & \text{(Memenuhi)} \end{array}$$

Maka digunakan  $\rho_{\text{perlu}} = 0,00632$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,00632 \times 1000 \times 392 \\ &= 742,847 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang ( $A_s$ )

$$\begin{aligned} A_{s \text{ perlu}} &= A_s + \frac{A_l}{3} = 742,847 + 0 \\ &= 742,847 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan dengan diameter D16

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 16^2 \\ &= 201,062 \text{ mm}^2 \\ n &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luas Tulangan}} = \frac{742,847}{201,062} \\ &= 3,69 \approx 4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pasang}} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} = 4 \times 201,062 \text{ mm}^2 \\ &= 804,571 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{array}{ll} A_{s \text{ pasang}} > A_{s \text{ perlu}} \\ 804,571 \text{ mm}^2 > 742,847 \text{ mm}^2 & \text{(Memenuhi)} \end{array}$$



### Luasan Pasang Tulangan Lentur Tekan ( $A_s'$ )

Luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik.

$$A_s' = 0,3A_s = 0,3 \times 742,847 \text{ mm}^2 = 222,854 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan dengan diameter D22

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 16^2 \\ &= 201,062 \text{ mm}^2 \\ n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas Tulangan}} = \frac{222,854}{201,062} \\ &= 1,11 \approx 2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} = 2 \times 201,062 \text{ mm}^2 \\ &= 402,286 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &> A_s \text{ perlu} \\ 402,286 \text{ mm}^2 &> 222,854 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

### Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Syarat:

$$S_{\max} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\max} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Direncanakan dipakai tulangan tarik 4D16 dan tulangan tekan 2D16

Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} S_{\max} &= \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{juml.tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlahtulangan} - 1} \\ S_{\max} &= \frac{300 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (4 \times 16)}{4 - 1} \\ &= 45,33 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\max} = 45,33 \text{ mm} < 25 \text{ mm} \text{ ,maka disusun satu lapis.}$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{\max} = \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{juml.tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlahtulangan} - 1}$$

$$S_{\max} = \frac{350 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (2 \times 16)}{2 - 1}$$

$$= 168,00 \text{ mm}$$

$S_{\max} = 168,00 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$ , maka disusun satu lapis.

Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Lentur pada Balok

Boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom di ujung komponen tersebut. Momen lentur tumpuan (+)  $\geq 1/3$  Momen lentur tumpuan (-).

Maka ditinjau berdasarkan As pasang

$$\begin{aligned} A_{s\text{pasang}} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset_{\text{lentur}} \\ &= 4 \times 0,25 \times \pi \times 16^2 \\ &= 804,571 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s'_{\text{pasang}} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset_{\text{lentur}} \\ &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 16^2 \\ &= 402,286 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M \text{ lentur tumpuan (+)} &\geq 1/3 M \text{ lentur tumpuan (-)} \\ 402,286 \text{ mm}^2 &\geq 1/3 \times 804,571 \text{ mm}^2 \\ 402,286 \text{ mm}^2 &\geq 268,190 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)} \end{aligned}$$

Jadi daerah tumpuan kiri dipasang:

$$\text{Tulangan Tarik} = 4D16$$

$$\text{Tulangan Tekan} = 2D16$$

Kontrol Kemampuan Penampang

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang tulangan tarik} &= 4D22 \\ a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b_w} = \frac{804,571 \times 400}{0,85 \times 30 \times 300} \\ &= 42 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times b_w \times f_c' \times a = 0,85 \times 300 \times 30 \times 42 \\ &= 321828,57 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cs' &= A_s \text{ pakai} \times f_y = 804,571 \times 400 \\ &= 321828,57 \text{ N} \end{aligned}$$

$$M_n = \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d'))$$

$$= \left( 321828,57 \times \left( 392 - \frac{42}{2} \right) \right) + (321828,57 \times (392 - 58))$$

$$= 226878025 \text{ Nmm}$$

Maka:

$$\begin{aligned} \text{Mn pasang} &\geq \text{Mu} \\ 0,9 \text{ Mn} &\geq 99637000 \text{ Nmm} \\ 0,9 (226878025) \text{ Nmm} &\geq 99637000 \text{ Nmm} \\ 204190222 \text{ Nmm} &\geq 99637000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

Kontrol Kemampuan Penampang

$$\begin{aligned} \text{As pasang tulangan tekan} &= 3\text{D}22 \\ a &= \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b \times w} = \frac{402,286 \times 400}{0,85 \times 30 \times 300} \\ &= 21 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times b \times w \times f_c' \times a = 0,85 \times 300 \times 30 \times 21 \\ &= 160914,29 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cs' &= As \text{ pakai} \times f_y = 402,286 \times 400 \\ &= 160914,29 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mn} &= \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d')) \\ &= \left( 160914,29 \times \left( 392 - \frac{21}{2} \right) \right) + (160914,29 \times (392 - 58)) \\ &= 115131392 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} \text{Mn pasang} &\geq \text{Mu} \\ 0,9 \text{ Mn} &\geq 99637000 \text{ Nmm} \\ 0,9 (115131392) \text{ Nmm} &\geq 99637000 \text{ Nmm} \\ 103618253 \text{ Nmm} &\geq 99637000 \text{ Nmm} \end{aligned} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

- Daerah Tumpuan Kanan

$$\begin{aligned} \text{Output SAP Mu Tumpuan} &= 6939,46 \text{ kgm} \\ &= 69384600 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Momen Nominal Tumpuan

$$\begin{aligned} \text{Mn} &= \text{Mu} / \phi \\ &= 69384600 / 0,9 \end{aligned}$$

$$= 77105111 \text{ Nmm}$$

Cek Syarat Nominal Tulangan Lentur Rangkap

Syarat:

$M_{ns} > 0$ , maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0$ , maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$= 77105111 - 320166844$$

$$= -243061732,6 \text{ Nmm}$$

Maka tidak perlu tulangan lentur rangkap, sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$\rho_b = 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f_c'}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

*Bab 2.4.1.2.1 Persamaan 2.24*

$$= 0,85 \times 0,85 \times \frac{30}{400} \times \left( \frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$= 0,033$$

$$\rho_{\min} = 1,4/f_y = 1,4/400$$

$$= 0,0035$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,033$$

*Bab 2.4.1.2.1 Persamaan 2.25*

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{77105111}{1000 \times 392^2}$$

$$= 1,67$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30}$$

$$= 15,686$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,686} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(15,686)(1,67)}{400}} \right)$$

$$= 0,00433$$

Syarat:

$$\begin{array}{lll} \rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \\ 0,0035 < 0,00433 < 0,024 & \text{(Memenuhi)} \end{array}$$

Maka digunakan  $\rho_{\text{perlu}} = 0,00433$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,00433 \times 1000 \times 392 \\ &= 509,022 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang ( $A_s$ )

$$A_s \text{ perlu} = A_s + \frac{Al}{3} = 509,022 + 0$$

$$= 509,022 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan dengan diameter D16

$$\text{Luas} = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 16^2$$

$$\begin{aligned} n &= \frac{201,062 \text{ mm}^2}{A_s \text{ perlu}} = \frac{509,022}{201,062} \\ &= 2,53 \approx 4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} = 4 \times 201,062 \\ &= 804,571 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{array}{lll} A_s \text{ pasang} > A_s \text{ perlu} \\ 804,571 \text{ mm}^2 > 509,022 \text{ mm}^2 & \text{(Memenuhi)} \end{array}$$

Luasan Pasang Tulangan Lentur Tekan ( $A_s'$ )

Luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik.

$$\begin{aligned} A_s' &= 0,3 A_s = 0,3 \times 509,022 \text{ mm}^2 \\ &= 153,707 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan dengan diameter D16

$$\text{Luas} = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 16^2$$

$$n = \frac{201,062 \text{ mm}^2}{\frac{As \text{ perlu}}{Luas Tulangan}} = \frac{153,707}{201,062} = 0,76 \approx 2$$

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} = 2 \times 201,062 \\ &= 402,286 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &> \text{As perlu} \\ 402,286 \text{ mm}^2 &> 201,062 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Syarat:

$$S_{\max} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\max} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Direncanakan dipakai tulangan tarik 4D16 dan tulangan tekan 2D16

Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} S_{\max} &= \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \text{Øgeser}) - (\text{juml.tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlahtulangan} - 1} \\ S_{\max} &= \frac{300 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (4 \times 16)}{4 - 1} \end{aligned}$$

$$= 45,33 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 45,33 \text{ mm} < 25 \text{ mm}, \text{ maka disusun satu lapis.}$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{\max} = \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \text{Øgeser}) - (\text{juml.tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlahtulangan} - 1}$$

$$\begin{aligned} S_{\max} &= \frac{350 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (2 \times 16)}{2 - 1} \\ &= 168,00 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\max} = 168,00 \text{ mm} > 25 \text{ mm}, \text{ maka disusun satu lapis.}$$

Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Lentur pada Balok

Boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua

muka kolom di ujung komponen tersebut. Momen lentur tumpuan (+)  $\geq 1/3$  Momen lentur tumpuan (-).

Maka ditinjau berdasarkan As pasang

$$\begin{aligned} As_{\text{pasang}} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset_{\text{lentur}} \\ &= 4 \times 0,25 \times \pi \times 16^2 \\ &= 804,571 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} As'_{\text{pasang}} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset_{\text{lentur}} \\ &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 16^2 \\ &= 402,286 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq 1/3 M \text{ lentur tumpuan (-)}$$

$$402,286 \text{ mm}^2 \geq 1/3 \times 804,571 \text{ mm}^2$$

$$402,286 \text{ mm}^2 \geq 268,190 \text{ mm}^2 \text{ (**Memenuhi**)}$$

Jadi daerah tumpuan kiri dipasang:

$$\text{Tulangan Tarik} = 4D16$$

$$\text{Tulangan Tekan} = 2D16$$

#### Kontrol Kemampuan Penampang

$$\begin{aligned} As \text{ pasang tulangan tarik} &= 4D22 \\ a &= \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b_w} = \frac{804,571 \times 400}{0,85 \times 30 \times 300} \\ &= 42 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times b_w \times f_c' \times a = 0,85 \times 300 \times 30 \times 42 \\ &= 321828,57 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cs' &= As \text{ pakai} \times f_y = 804,571 \times 400 \\ &= 321828,57 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mn &= \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + \left( Cs' \times \left( d - d' \right) \right) \\ &= \left( 321828,57 \times \left( 392 - \frac{42}{2} \right) \right) + \left( 321828,57 \times (392 - 58) \right) \\ &= 226878025 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} Mn \text{ pasang} &\geq Mu \\ 0,9 Mn &\geq 69394600 \text{ Nmm} \\ 0,9 (226878025) \text{ Nmm} &\geq 69394600 \text{ Nmm} \\ 204190222 \text{ Nmm} &\geq 69394600 \text{ Nmm} \\ \text{(**Memenuhi**)} \end{aligned}$$

Kontrol Kemampuan Penampang

$$\begin{aligned}
 \text{As pasang tulangan tekan} &= 3D22 \\
 a &= \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c' \times bw} = \frac{402,286 \times 400}{0,85 \times 30 \times 300} \\
 &= 21 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \times bw \times f_c' \times a = 0,85 \times 300 \times 30 \times 21 \\
 &= 160914,29 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cs' &= As \text{ pakai} \times f_y = 402,286 \times 400 \\
 &= 160914,29 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mn &= \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + \left( Cs' \times (d - d'') \right) \\
 &= \left( 160914,29 \times \left( 392 - \frac{21}{2} \right) \right) + \left( 160914,29 \times (392 - 58) \right) \\
 &= 115131392 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned}
 Mn \text{ pasang} &\geq Mu \\
 0,9 Mn &\geq 69394600 \text{ Nmm} \\
 0,9 (115131392) \text{ Nmm} &\geq 69394600 \text{ Nmm} \\
 103618253 \text{ Nmm} &\geq 69394600 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

- Daerah Lapangan

$$\begin{aligned}
 \text{Output SAP Mu Tumpuan} &= 3894,23 \text{ kgm} \\
 &= 38942300 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Momen Nominal Tumpuan

$$\begin{aligned}
 Mn &= Mu / \phi \\
 &= 38942300 / 0,9 \\
 &= 43269222 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Cek Syarat Nominal Tulangan Lentur Rangkap

Syarat:

$$\begin{aligned}
 Mns &> 0, \text{ maka perlu tulangan lentur tekan} \\
 Mns &\leq 0, \text{ maka tidak perlu tulangan lentur tekan} \\
 Mns &= Mn - Mnc \\
 &= 43269222 - 320166844 \\
 &= -276897622 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$



Maka tidak perlu tulangan lentur rangkap, sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

#### Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$\rho_b = 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f_c'}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

*Bab 2.4.1.2.1 Persamaan 2.24*

$$\begin{aligned} &= 0,85 \times 0,85 \times \frac{30}{400} \times \left( \frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,033 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= 1,4/f_y &= 1,4/400 \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,033$$

*Bab 2.4.1.2.1 Persamaan 2.25*

$$\begin{aligned} &= 0,024 \\ R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{43269222}{1000 \times 392^2} \\ &= 0,94 \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30}$$

$$= 15,686$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,686} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(15,686)(0,94)}{400}} \right) \\ &= 0,00239 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &< \rho_{\text{perlu}} &< \rho_{\max} \\ 0,0035 &< 0,00239 &< 0,024 \end{aligned}$$

**(Tidak Memenuhi)**

$$\begin{aligned} \text{Dinaikan 30\%} &= 1,3 \times \rho_{\text{perlu}} \\ &= 1,3 \times 0,00239 \end{aligned}$$

$$= 0,0031 < \rho_{\min}$$

Maka digunakan  $\rho_{\text{perlu}} = 0,0035$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0035 \times 1000 \times 392 \\ &= 411,600 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang ( $A_s$ )

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= A_s + \frac{A_l}{3} = 411,600 + 0 \\ &= 411,600 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan dengan diameter D16

$$\text{Luas} = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 16^2$$

$$\begin{aligned} &= 201,062 \text{ mm}^2 \\ n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas Tulangan}} = \frac{411,600}{201,062} \\ &= 2,05 \approx 3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} = 3 \times 201,062 \\ &= 603,429 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &> A_s \text{ perlu} \\ 603,429 \text{ mm}^2 &> 411,600 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

Luasan Pasang Tulangan Lentur Tekan ( $A_s'$ )

Luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik.

$$\begin{aligned} A_s' &= 0,3 A_s = 0,3 \times 411,600 \text{ mm}^2 \\ &= 123,480 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan dengan diameter D16

$$\text{Luas} = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 16^2$$

$$\begin{aligned} &= 201,062 \text{ mm}^2 \\ n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas Tulangan}} = \frac{123,480}{201,062} \end{aligned}$$

$$= 0,61 \approx 2$$

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} = 2 \times 201,062 \\ &= 402,286 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &> \text{As perlu} \\ 402,286 \text{ mm}^2 &> 123,480 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

### Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Syarat:

$$S_{\max} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\max} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Direncanakan dipakai tulangan tarik 3D16 dan tulangan tekan 2D16

### Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{\max} = \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{juml.tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlahtulangan} - 1}$$

$$S_{\max} = \frac{300 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (3 \times 16)}{3 - 1}$$

$$= 76,00 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 76,00 \text{ mm} < 25 \text{ mm} \text{ ,maka disusun satu lapis.}$$

### Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{\max} = \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{juml.tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlahtulangan} - 1}$$

$$S_{\max} = \frac{350 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (2 \times 16)}{2 - 1}$$

$$= 168,00 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 168,00 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \text{ ,maka disusun satu lapis.}$$

### Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Lentur pada Balok

Boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom di ujung komponen tersebut. Momen lentur tumpuan (+)  $\geq 1/3$  Momen lentur tumpuan (-).

Maka ditinjau berdasarkan As pasang

$$\begin{aligned}
 A_{s\text{pasang}} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset_{\text{lentur}} \\
 &= 3 \times 0,25 \times \pi \times 16^2 \\
 &= 603,429 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s' \text{ pasang}} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset_{\text{lentur}} \\
 &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 16^2 \\
 &= 402,286 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M \text{ lentur tumpuan (+)} &\geq 1/3 M \text{ lentur tumpuan (-)} \\
 402,286 \text{ mm}^2 &\geq 1/3 \times 603,429 \text{ mm}^2 \\
 402,286 \text{ mm}^2 &\geq 201,162 \text{ mm}^2 \text{ (**Memenuhi**)}
 \end{aligned}$$

Jadi daerah tumpuan kiri dipasang:

$$\text{Tulangan Tarik} = 3D16$$

$$\text{Tulangan Tekan} = 2D16$$

#### Kontrol Kemampuan Penampang

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ pasang tulangan tarik}} &= 3D16 \\
 a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b_w} = \frac{603,429 \times 400}{0,85 \times 30 \times 300} \\
 &= 32 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \times b_w \times f_c' \times a = 0,85 \times 300 \times 30 \times 32 \\
 &= 241371,43 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cs' &= A_{s \text{ pakai}} \times f_y = 603,429 \times 400 \\
 &= 241371,43 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + \left( Cs' \times \left( d - d' \right) \right) \\
 &= \left( 241371,43 \times \left( 392 - \frac{32}{2} \right) \right) + \left( 241371,43 \times (392 - 58) \right) \\
 &= 171427803 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned}
 M_n \text{ pasang} &\geq M_u \\
 0,9 M_n &\geq 38942300 \text{ Nmm} \\
 0,9 (171427803) \text{ Nmm} &\geq 38942300 \text{ Nmm} \\
 154285023 \text{ Nmm} &\geq 38942300 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

#### Kontrol Kemampuan Penampang

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ pasang tulangan tekan}} &= 2D16 \\
 a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b_w} = \frac{402,286 \times 400}{0,85 \times 30 \times 300}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 21 \text{ mm} \\
Cc' &= 0,85 \times bw \times fc' \times a = 0,85 \times 300 \times 30 \times 21 \\
&= 160914,29 \text{ N} \\
Cs' &= As \text{ pakai} \times fy = 402,286 \times 400 \\
&= 160914,29 \text{ N} \\
Mn &= \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d')) \\
&= \left( 160914,29 \times \left( 392 - \frac{21}{2} \right) \right) + (160914,29 \times (392 - 58)) \\
&= 115131392 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned}
Mn \text{ pasang} &\geq Mu \\
0,9 Mn &\geq 38942300 \text{ Nmm} \\
0,9 (115131392) \text{ Nmm} &\geq 38942300 \text{ Nmm} \\
103618253 \text{ Nmm} &\geq 38942300 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

f. Penulangan Geser

Berdasarkan perhitungan tulangan lentur balok didapatkan:

- Momen Nominal Kiri

Momen nominal kiri diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan kiri, hasil luasan tulangan adalah sebagai berikut:

$$As \text{ pakai tulangan tarik} \rightarrow 4D16 = 804,571 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ pakai tulangan tekan} \rightarrow 2D16 = 402,286 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
a &= \frac{As \text{ tarik} \times fy}{0,85 \times fc' \times bw} = \frac{804,571 \times 400}{0,85 \times 30 \times 300} \\
&= 42 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Mnl &= As \text{ tarik} \times fy \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \\
&= 804,571 \times 400 \times \left( 392 - \frac{42}{2} \right) \\
&= 119387281,74 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

- Momen Nominal Kanan

Momen nominal kanan diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan, hasil luasan tulangan adalah sebagai berikut:

As pakai tulangan tarik  $\rightarrow 4D16 = 804,571 \text{ mm}^2$

As pakai tulangan tekan  $\rightarrow 2D16 = 402,286 \text{ mm}^2$

$$a = \frac{As \text{ tekan} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b_w} = \frac{402,286 \times 400}{0,85 \times 30 \times 300} = 21 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{nl} &= As \text{ tekan} \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 402,286 \times 400 \times \left( 392 - \frac{21}{2} \right) \\ &= 61386020,43 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil output SAP akibat kombinasi 1,2D+1,6L+0,5Lr didapatkan nilai gaya geser terfaktor:

$$V_u = 9963,7 \text{ kg}$$

$$= 99637 \text{ N}$$

Gaya Geser pada ujung Perletakkan Diperoleh dari:

$$\begin{aligned} V_{u1} &= \frac{M_{n_l} + M_{n_r}}{\ell_n} + \frac{W_u \times \ell_n}{2} \\ &= \frac{M_{n_l} + M_{n_r}}{\ell_n} + V_u \\ &= \frac{119387281,74 + 61386020,43}{6600} + 99637 \\ &= 127026,89 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat Kuat Tekan Beton

Nilai dari  $\sqrt{f_c'}$  tidak boleh melebihi 8,3 MPa

$$\sqrt{f_c'} \leq 8,3 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{30} \leq 8,3 \text{ MPa}$$

$$5,477 \text{ MPa} \leq 8,3 \text{ MPa}$$

Kuat Geser Beton

$$V_c = 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d$$

*Bab 2.4.1.3 Persamaan 2.42*

$$= 0,17 \times 1 \times \sqrt{30} \times 300 \times 6$$

$$= 109500,69 \text{ N}$$

Kuat Geser Tulangan Geser

$$V_{s \text{ min}} = \frac{1}{3} \times b_w \times d = \frac{1}{3} \times 300 \times 392$$

$$= 39200 \text{ N}$$

$$V_{s \text{ max}} = \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d = \frac{2}{3} \times \sqrt{30} \times 300 \times 392$$

$$= 429414,49 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d = \frac{1}{3} \times \sqrt{30} \times 300 \times 392$$

$$= 214707,243 \text{ N}$$

Pembagian Wilayah Geser Balok

Dalam perhitungan tulangan geser pada balok, wilayah balok dibagi menjadi tiga wilayah, wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan), yaitu sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom ke arah tengah bentang. lalu wilayah 2 (daerah lapangan), dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke ½ bentang balok.

Penulangan Geser Balok

- Wilayah 1 dan 3 (Daerah Tumpuan)

$$V_{u1} = 127026,89 \text{ N}$$

Kondisi 1

$$V_u < 0,5 \phi V_c \rightarrow \text{Tidak perlu tulangan geser}$$

$$127026,89 \text{ N} < 41062,760 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

Kondisi 2

$$0,5 \phi V_c < V_u < \phi V_c \rightarrow \text{Tulangan geser minimum}$$

$$41062,760 \text{ N} < 127026,89 \text{ N} < 82125,520 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

Kondisi 3

$\phi V_c < V_u < \phi(V_c + V_s \text{ min}) \rightarrow$  Tulangan geser minimum  
 $82125,520 \text{ N} < 127026,89 \text{ N} < 11515,520 \text{ N}$

**(Tidak Memenuhi)**

Kondisi 4

$\phi(V_c + V_s \text{ min}) < V_u < \phi(V_c + V_s) \rightarrow$  Perlu tulangan geser  
 $11515,520 \text{ N} < 127026,89 \text{ N} < 24155,962 \text{ N}$

**(Memenuhi)**

Kondisi 5

$\phi(V_c + V_s) < V_u < \phi(V_c + V_s \text{ maks}) \rightarrow$  Perlu tulangan geser  
 $24155,962 \text{ N} < 127026,89 \text{ N} < 404186,384 \text{ N}$

**(Stop)**

Maka perencanaan tulangan geser tumpuan berdasarkan

Kondisi 4.

$$\begin{aligned} V_s \text{ perlu} &= \frac{V_u - \phi V_c}{\phi} \\ &= \frac{127026,89 - 82125,520}{0,75} \\ &= 59868,499 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_v}{s} &= \frac{V_s \text{ perlu}}{f_y \times d} \\ &= \frac{59868,499}{400 \times 392} \\ &= 0,38 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_v \text{ perlu}}{s \text{ perlu}} &= \frac{2A_t}{s} + \frac{A_v}{s} \\ &= 2(0,016) + 0,38 \\ &= 0,55 \text{ mm} \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan Ø10 mm dengan dua kaki, maka luasan tulangan geser:

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki} = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \times 2 \\ &= 157,143 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{Jarak Tulangan Geser Perlu} \\ S_{\text{perlu}} &= \frac{A_{\text{perlu}}}{0,55} = \frac{157,143}{0,55} \\ &= 287,67 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipasang jarak 100 mm antar tulangan geser.

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser berdasarkan Kondisi 5

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &\leq d/2 & \text{atau} & & S_{\text{maks}} &\leq 300 \text{ mm} \\ 100 \text{ mm} &\leq 196 \text{ mm} & \text{atau} & & 100 \text{ mm} &\leq 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

Sehingga dipakai tulangan geser Ø13 mm jarak 100 mm.

- Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Geser pada Balok  
Dijelaskan dalam SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.(2),  
pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut  
harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali  
komponen struktur diukur dari muka perletakkan ke  
arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada  
jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakkan.

Spasi sengkang tidak boleh melebihi:

$$\begin{aligned} \blacksquare S_{\text{pakai}} &\leq d/4 \\ 100 \text{ mm} &< 98 \text{ mm} & \textbf{(Tidak Memenuhi)} \\ \blacksquare S_{\text{pakai}} &\leq 8 \times \varnothing_{\text{tulangan longitudinal}} \\ 100 \text{ mm} &< 128 \text{ mm} & \textbf{(Memenuhi)} \\ \blacksquare S_{\text{pakai}} &\leq 24 \times \varnothing_{\text{tulangan lsengkang}} \\ 100 \text{ mm} &< 240 \text{ mm} & \textbf{(Memenuhi)} \\ \blacksquare S_{\text{pakai}} &\leq 300 \text{ mm} \\ 100 \text{ mm} &< 300 \text{ mm} & \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

- Wilayah 2 (Daerah Lapangan)

$$\begin{aligned} \frac{Vu_2}{0,5\ell n - 2h} &= \frac{Vu_1}{0,5\ell n} \\ Vu_2 &= \frac{Vu_1 \times (0,5\ell n - 2h)}{0,5\ell n} \\ &= \frac{127026,89 \times (0,5(6600) - 2(450))}{0,5(6600)} \end{aligned}$$

$$Vu_2 = 92383,196 \text{ N}$$

Kondisi 1

$$Vu < 0,5 \phi Vc \rightarrow \text{Tidak perlu tulangan geser}$$

$$92383,196 \text{ N} < 41062,760 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

Kondisi 2

$$0,5 \phi Vc < Vu < \phi Vc \rightarrow \text{Tulangan geser minimum}$$

$$41062,760 \text{ N} < 92383,196 \text{ N} < 82125,520 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

Kondisi 3

$$\phi Vc < Vu < \phi(Vc+Vs \text{ min}) \rightarrow \text{Tulangan geser minimum}$$

$$82125,520 \text{ N} < 92383,196 \text{ N} < 11515,520 \text{ N}$$

**(Memenuhi)**

Kondisi 4

$$\phi(Vc+Vs \text{ min}) < Vu < \phi(Vc+Vs) \rightarrow \text{Perlu tulangan geser}$$

$$11515,520 \text{ N} < 92383,196 \text{ N} < 24155,962 \text{ N}$$

**(Stop)**

Kondisi 5

$$\phi(Vc+Vs) < Vu < \phi(Vc+Vs \text{ maks}) \rightarrow \text{Perlu tulangan geser}$$

$$24155,962 \text{ N} < 92383,196 \text{ N} < 404186,384 \text{ N}$$

**(Stop)**

Maka perencanaan tulangan geser tumpuan berdasarkan Kondisi 3.

$$Vs \text{ min} = 1/3 \cdot bw \cdot d$$

$$= 1/3 \cdot 300 \cdot 392$$

$$= 39200 \text{ N}$$

$$\frac{Av}{s} = \frac{Vs \text{ perlu}}{fy \times d}$$

$$= \frac{39200}{400 \times 392}$$

$$= 0,25 \text{ mm}$$

$$\frac{Av \text{ perlu}}{s \text{ perlu}} = \frac{2At}{s} + \frac{Av}{s}$$

$$= 2(0,16)+0,25$$

$$= 0,41 \text{ mm}$$

Direncanakan menggunakan tulangan Ø10 mm dengan dua kaki, maka luasan tulangan geser:

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n_{kaki} = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \times 2$$

$$= 157,143 \text{ mm}^2$$

Jarak Tulangan Geser Perlu

$$S_{\text{perlu}} = \frac{A_v \text{ perlu}}{0,41} = \frac{157,1431}{0,41}$$

$$= 379,16 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$$

Maka dipasang jarak 150 mm antar tulangan geser.

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser berdasarkan Kondisi 4.

$$S_{\text{maks}} \leq d/2 \quad \text{atau} \quad S_{\text{maks}} \leq 300 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm} \leq 196 \text{ mm} \quad \text{atau} \quad 150 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm}$$

**(Memenuhi)**

Sehingga dipakai tulangan geser Ø13 mm jarak 150 mm.

- Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Geser pada Balok Dijelaskan dalam SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.(3), sengkang harus dispasikan tidak melebihi dari  $d/2$  sepanjang panjang balok.

$$\blacksquare S_{\text{pakai}} \leq d/2$$

$$150 \text{ mm} < 196 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

- g. Perhitungan Panjang Penyaluran dan Kontrol Retak
- Penyaluran Tulangan dalam Kondisi Tarik

$$l_d = \frac{f_y \times \psi_t \times \psi_e}{1,7 \times \lambda \times \sqrt{f_c'}} \times db$$

*Bab 2.4.1.5 Persamaan 2.51*

dimana:

$\Psi_t$  = faktor lokasi penulangan, digunakan 1,0

$\Psi_e$  = faktor pelapis, digunakan 1,0

Sehingga:

$$\begin{aligned}
 \ell_d &= \frac{400 \times 1,0 \times 1,0}{1,7 \times 1,0 \times \sqrt{30}} \times 13 \\
 &= 945,1687,338 \\
 \lambda \text{ reduksi} &= \frac{A_{sperlu}}{A_{spasang}} \times \lambda_d \\
 &= \frac{742,847}{804,571} \times 687,338 \\
 &= 884,6 \text{ mm} \approx 1000 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

#### Penyaluran Tulangan dalam Kondisi Tekan

$$\begin{aligned}
 \ell_d &= \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times db \\
 &= \frac{0,24 \times 400}{1,0 \times \sqrt{30}} \times 13 \\
 &= 280,343 \text{ mm} \\
 \ell_d &= 0,034 \times f_y \times db \\
 &= 0,034 \times 400 \times 13 \\
 &= 217,6 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

*Bab 2.4.1.5 Persamaan 2.52*

Diambil nilai yang terbesar adalah = 280,434 mm

$$\begin{aligned}
 \lambda \text{ reduksi} &= \frac{A_{sperlu}}{A_{spasang}} \times \lambda_d \\
 &= \frac{742,847}{804,571} \times 280,434 \\
 &= 259 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

#### Penyaluran Tulangan Berkait dalam Kondisi Tarik

$$\begin{aligned}
 \ell_d &= \frac{0,24 \times \psi_e \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times db \\
 &= \frac{0,24 \times 1,0 \times 400}{1,0 \times \sqrt{30}} \times 13 \\
 &= 280,434 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \lambda \text{ reduksi} &= \frac{As_{perlu}}{As_{pasang}} \times \lambda d \\
 &= \frac{742,847}{804,571} \times 280,434 \\
 &= 259 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

#### 4.5.2 Perhitungan Penulangan Kolom

Perhitungan tulangan lentur kolom ditinjau berdasarkan aksial terbesar, momen terbesar. Untuk kolom K1 (60x60)cm pada as E lantai 1. Berikut ini adalah data perencanaan kolom berdasarkan gambar denah kolom, hasil output diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000. Selanjutnya akan dihitung dengan metode SRPMM.

➤ Data Perencanaan :

Tipe Kolom	= K-1
As Kolom	= As E
Dimensi kolom	= 60cmx60cm
Tinggi kolom	= 5200 mm
Tebal selimut beton	= 40 mm
Kuat tekan beton ( $f_c'$ )	= 30 MPa
Modulus elastisitas beton ( $E_c$ )	= 25742,96 MPa
Modulus elastisitas baja ( $E_s$ )	= 200000 MPa
Fy lentur	= 400 MPa
Fy geser	= 400 MPa
D lentur	= 22 mm
Ø geser	= 10 mm
Tebal selimut beton (decking)	= 40 mm
Jarak spasi tulangan sejajar	= 40 mm
Faktor $\beta_1$	= 0,85
Faktor reduksi kekuatan lentur ( $\phi$ )	= 0,65
Faktor reduksi kekuatan geser ( $\phi$ )	= 0,75

➤ Perhitungan

a. OutPut SAP

Gaya aksial berdasarkan output SAP 2000 pada frame 1344

$$P_{DL} = 187537,54 \text{ kg.}$$



**Gambar 4. 81** Output  $P_{DL}$  Kolom SAP 2000

$$P_U (1,2D+1,6)L+0,5Lr) = 291938,90 \text{ kg.}$$



**Gambar 4. 82** Output  $P_U$  Kolom SAP 2000

Momen pada penampang kolom ditinjau dari dua arah, yaitu momen arah X dan arah Y.

Untuk Momen arah X

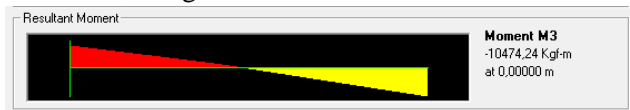
Momen akibat pengaruh gempa :

$M_{1s}$  = momen akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang terkecil dalam Nmm.

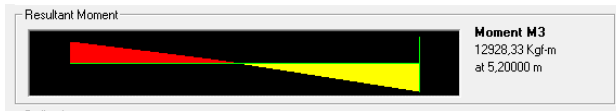
$M_{2s}$  = momen akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang terbesar dalam Nmm.

Output SAP2000

$$M_{1s} = 10474,24 \text{ kgm.}$$



**Gambar 4. 83** Output SAP 2000 Kolom Momen  $M_{1s}$  Arah X



**Gambar 4. 84** Output SAP 2000 Kolom Momen  $M_{2s}$  Arah X

$$M_{2s} = 125318600 \text{ Nmm}$$

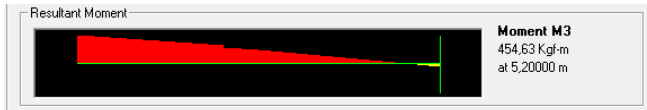
Momen akibat pengaruh beban gravitasi :

$M_{1ns}$  = nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping.

$M_{2ns}$  = nilai yang lebih besar dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping.

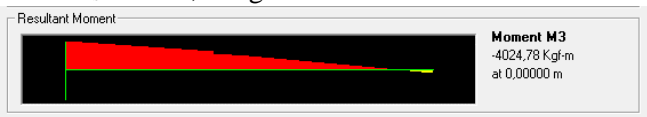
Output SAP2000 :

$$M_{1ns} = 454,63 \text{ kgm.}$$



**Gambar 4. 85** Output SAP 2000 Kolom Momen  $M_{1ns}$  Arah X

$$M_{2ns} = 4024,78 \text{ kgm.}$$



**Gambar 4. 86** Output SAP 2000 Kolom Momen  $M_{2ns}$  Arah X

Untuk Momen arah Y

Momen akibat pengaruh gempa :

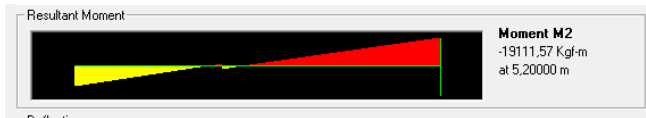
Output SAP2000

$$M_{1s} = 13435,23 \text{ kgm.}$$



**Gambar 4. 87** Output SAP 2000 Kolom Momen  $M_{1s}$  Arah Y

$$M_{2s} = 19111,57 \text{ kgm.}$$



**Gambar 4. 88** Output SAP 2000 Kolom Momen  $M_{2s}$  Arah Y

Momen akibat pengaruh beban gravitasi :

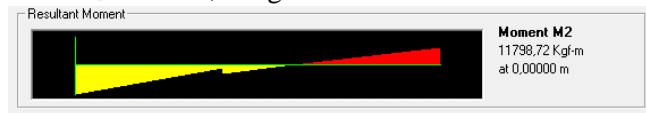
Output SAP2000

$$M_{1ns} = 7249,72 \text{ kgm.}$$



**Gambar 4. 89** Output SAP 2000 Kolom Momen  $M_{1ns}$  Arah Y

$$M_{2ns} = 11798,72 \text{ kgm.}$$



**Gambar 4. 90** Output SAP 2000 Kolom Momen  $M_{2ns}$  Arah Y

b. Syarat Gaya Aksial Pada Kolom

Gaya tekan aksial terfaktor maksimum yang bekerja pada komponen struktur kolom tidak boleh melebihi  $A_g$  .



$f_c'/10$  dan Bila  $P_u$  lebih besar maka perhitungan harus mengikuti Ketentuan Kolom untuk SRPMM.

$$P_u > \frac{A_g \cdot f_c'}{10}$$

$$2919389,00 \text{ N} > \frac{600 \cdot 600 \cdot 30}{10}$$

$$2919389,00 \text{ N} > 1080000 \text{ N} \text{ (Memenuhi)}$$

- c. Menghitung faktor Kekakuan Kolom :

Menghitung faktor  $\beta_d$

$\beta_d$  = rasio beban aksial tetap terfaktor maksimum terhadap rasio beban aksial total terfaktor maksimum.

$$\begin{aligned} \beta_d &= \frac{1,2 \times P_{DL}}{P_U (1,2D + 1,6L + 0,5L_r)} \\ &= \frac{1,2 \times (1875375,4 \text{ N})}{2919389,00 \text{ N}} \\ &= 0,77 \end{aligned}$$

Panjang tekuk kolom

$$\Psi = \frac{\sum (EI/L)_{\text{kolom}}}{\sum (EI/L)_{\text{balok}}}$$

Untuk kolom (60/60)

$$Elk = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d}$$

$$\begin{aligned} I_k &= 0,7 \times 1/12 \times b \times h^3 \\ &= 0,7 \times 1/12 \times 600\text{mm} \times (600\text{mm})^3 \\ &= 7560000000 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_c &= 4700\sqrt{f_c'} \\ &= 4700\sqrt{30} \text{ MPa} \\ &= 25742,96 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_{ik} &= \frac{0,4 \times E_c \times I_k}{1 + \beta_d} \\ &= \frac{0,4 \times 25742,96 \text{ Nmm} \times 1276041667 \text{ mm}^4}{1 + 0,77} \\ &= 4,396 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2 \end{aligned}$$

Untuk balok induk (35/50)

$$Elb = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d}$$

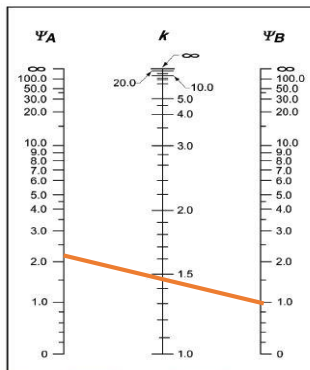
$$\begin{aligned}
 I_g &= 0,35 \times 1/12 \times b \times h^3 \\
 &= 0,35 \times 1/12 \times 350 \text{ mm} \times (500 \text{ mm})^3 \\
 &= 1276041667 \text{ mm}^4 \\
 E_c &= 4700\sqrt{f_{c'}} \\
 &= 4700\sqrt{30} \text{ MPa} \\
 &= 25742,96 \text{ Nmm} \\
 EI_b &= \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d} \\
 &= \frac{0,4 \times 25742,96 \text{ Nmm} \times 1276041667 \text{ mm}^4}{1 + 0,77} \\
 &= 7,420 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2
 \end{aligned}$$

Kekakuan kolom atas

$$\begin{aligned}
 \Psi_A &= \frac{\Sigma(EI/L)_{\text{kolom atas}}}{2 \cdot (EI/L)_B + (EI/L)_B + (EI/L)_B} \\
 &= \frac{\frac{4,396 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2}{5200 \text{ mm}} + \frac{4,396 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2}{5200 \text{ mm}}}{\frac{7,420 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2}{7200 \text{ mm}} + \frac{7,420 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2}{7200 \text{ mm}} + \frac{7,420 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2}{4800 \text{ mm}}} \\
 &= 2,344
 \end{aligned}$$

Kekakuan kolom bawah

$$\begin{aligned}
 \Psi_B &= \frac{\Sigma(EI/L)_{\text{kolom bawah}}}{\Sigma(EI/L)_s} \\
 &= 1 \text{ (karena menumpu pada pondasi)}
 \end{aligned}$$



(b)

Rangka bergoyang

**Gambar 4. 91** Grafik Aligment

Dari grafik aligment didapatkan faktor panjang efektif  
(K) = 1,49

Kontrol kelangsingan kolom :

$$\begin{aligned} r &= 0,3 \times h \\ &= 0,3 \times 600 \text{ mm} \\ &= 180 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\frac{k \times L_u}{\frac{r}{1,49 \times 5200 \text{ mm}}} \leq 22$$

43,044  $\geq$  22 maka kolom termasuk kolom langsing

d. Peninjauan Kolom Akibat Momen Arah X

Momen akibat kombinasi gempa output SAP 2000

$$M_{1s} = 104742400 \text{ Nmm}$$

$$M_{2s} = 129283300 \text{ Nmm}$$

Momen akibat pengaruh beban gravitasi output SAP  
2000 kombinasi (1.2D+1.6L+0.5Lr)

Akibat kombinasi:

$$M_{1ns} = 4546300 \text{ Nmm}$$

$$M_{2ns} = 40247800 \text{ Nmm}$$

Menghitung faktor pembesaran momen ( $\delta_s$ )

$$\begin{aligned} P_c &= \frac{\pi^2 \times EI}{(K \times L_u)^2} \\ &= \frac{\pi^2 \times 4,396 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2}{(1,49 \times 5200 \text{ mm})^2} = 7227293,670 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma P_c &= n \times P_c \\ &= 24 \times 7227293,670 \text{ N} = 173455048,081 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma P_u &= n \times P_u \\ &= 24 \times 2919389 \text{ N} = 70065336,000 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\Sigma P_u}{0,75 \Sigma P_c}} \geq 1$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{70065336,000 \text{ N}}{0,75 \times 173455048,081 \text{ N}}} \geq 1$$

$$\delta_s = 2,167 \geq 1$$

Maka dipakai  $\delta_s = 2,167$  dalam perhitungan perbesaran momen.

Pembesaran momen X :

Dari output SAP2000 diperoleh :

$$M_{1ns} = 4546300 \text{ Nmm}$$

$$M_{2ns} = 40247800 \text{ Nmm}$$

$$M_{1s} = 104742400 \text{ Nmm}$$

$$M_{2s} = 129283300 \text{ Nm}$$

$$\begin{aligned} M_1 &= M_{1ns} + \delta_s M_{1s} \\ &= 4546300 + (2,167 \times 104742400) \\ &= 231549346,304 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_2 &= M_{2ns} + \delta_s M_{2s} \\ &= 40247800 + (2,167 \times 129283300) \\ &= 216510375,253 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Diambil momen terbesar yaitu

$$M_2 = 216510375,253 \text{ Nmm}$$

Maka Momen yang digunakan untuk menghitung kolom adalah  $M_2 = 216510375,253 \text{ Nmm}$

Penentuan  $p_{perlu}$  dari diagram interaksi

Dalam menentukan jumlah kebutuhan tulangan lentur kolom, digunakan Diagram Interaksi. Keterangan yang dibutuhkan dalam penggunaan Diagram Interaksi adalah

$$\begin{aligned} \mu h &= h \text{ kolom} - (2 \text{ t decking}) - (2\emptyset \text{ geser}) - (\emptyset \text{ lentur}) \\ &= 600 - 2 \times 40 - 2 \times 12 - 22 \\ &= 474 \text{ mm} \end{aligned}$$

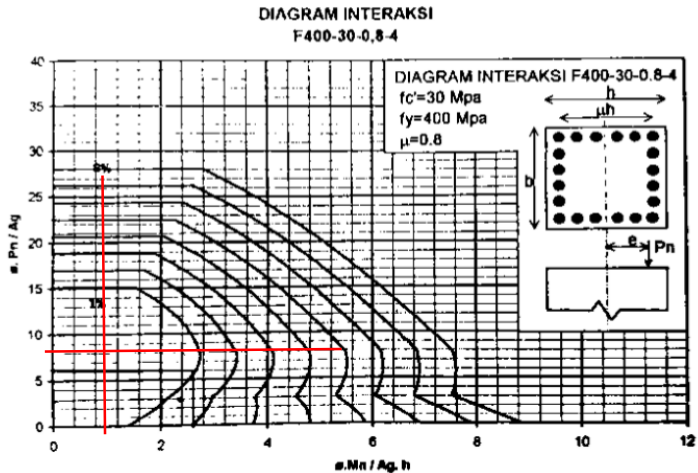
$$\begin{aligned} \mu &= \mu h / h \\ &= 474 / 600 \\ &= 0,8 \end{aligned}$$

Sumbu Vertikal

$$\begin{aligned} \frac{\phi P_n}{A_g} &= \frac{P_u}{b \cdot h} \\ &= 8,109 \end{aligned}$$

Sumbu Horizontal

$$\frac{\phi M_n}{A_g \cdot h} = \frac{M_u}{b \cdot h^2} = 1,002$$



**Gambar 4. 92** Diagram Interaksi  $\rho$  Arah X

Maka didapatkan  $\rho_{\text{perlu}} = 1 \% = 0,001$

Penentuan tulangan lentur kolom

Luas tulangan lentur perlu

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times h \\ &= 0,001 \times 600 \text{ mm} \times 600 \text{ mm} \\ &= 3600 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luas tulangan lentur

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan D22} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times (22 \text{ mm})^2 \\ &= 380,133 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur pasang

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{\text{luas tulangan D25}}$$

$$n = \frac{3600 \text{ mm}^2}{380,133 \text{ mm}^2}$$

$$= 9,47 \approx 12$$

Luasan tulangan lentur pasang

$$As_{\text{pasang}} = As'$$

$$= n \times (1/4 \cdot \pi \cdot d^2)$$

$$= 12 \times (1/4 \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2)$$

$$= 4561,593 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan 12D22

Prosentase Tulangan Terpasang

$$= \frac{As \text{ pasang}}{b \times h} \times 100\%$$

$$= \frac{4561,593 \text{ mm}^2}{600 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}} \times 100\%$$

$$= 1,267 < 8\% \text{ (**Memenuhi**)}$$

Cek kondisi balance

$$d = 600 - 40 - 12 - \frac{1}{2} 22 = 537 \text{ mm}$$

$$d' = 40 + 10 + \frac{1}{2} 22 = 63 \text{ mm}$$

$$d'' = 600 - 40 - 12 - \frac{1}{2} 22 - \frac{1}{2} 600 = 237 \text{ mm}$$

$$x_b = \frac{600}{(600 + f_y)} d$$

$$= \frac{600}{(600 + 400 \text{ MPa})} 537 \text{ mm}$$

$$= 322,200 \text{ mm}$$

$$a_b = 0,85 \times x_b$$

$$= 0,85 \times 322,200 \text{ mm}$$

$$= 273,870 \text{ mm}$$

$$C_{s'} = As' (f_y - 0,85 \cdot f_{c'})$$

$$= 4561,593 (400 - 0,85 \cdot 30)$$

$$= 1708316,404 \text{ N}$$

$$T = As' \cdot f_y$$

$$= 4561,593 \times 400$$

$$= 1824637,013 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
C_c' &= 0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot x_b \\
&= 0,85 \times 0,85 \times 30 \times 600 \times 322,200 \\
&= 4190211,000 \text{ N} \\
P_b &= C_c' + C_s' - T \\
&= 4190211,000 + 1708316,404 - 1824637,013 \\
&= 4073890,390 \text{ N} \\
M_b &= P_b \times e_b \\
&= C_c' \left( d - d'' - \frac{ab}{2} \right) + C_s' (d - d'' - d') + T \cdot d'' \\
&= 4205817 \cdot \left( 537 - 237 - \frac{273,870}{2} \right) + 1708316,404 \\
&\quad 537 - 237 - 63 + 1824637,013 \cdot 237 \\
&= 1,520 \times 10^9 \text{ Nmm} \\
e_b &= \frac{M_b}{P_b} \\
&= \frac{1,520 \times 10^9}{4073890,390} \\
&= 373,252 \text{ mm} \\
M_n &= \frac{216510375,253}{0,65} \\
&= 3,331 \cdot 10^8 \text{ Nmm} \\
P_u &= \frac{2919389}{0,65} \\
&= 4,491 \cdot 10^6 \text{ N} \\
e_{\text{perlu}} &= \frac{M_u}{P_u} \\
&= \frac{3,331 \cdot 10^8 \text{ Nmm}}{4,491 \cdot 10^6 \text{ N}} \\
&= 74,163 \text{ mm} \\
e_{\text{min}} &= (15,24 + 0,03h) \\
&= (15,24 + 0,03 \cdot 600 \text{ mm}) \\
&= 33,240 \text{ mm}
\end{aligned}$$

#### Kontrol kondisi

$$\begin{aligned}
e_{\text{min}} &< e_{\text{perlu}} < e_b \\
33,240 \text{ mm} &< 74,163 \text{ mm} < 373,252 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Maka kolom termasuk kondisi tekan menentukan

#### Kontrol kondisi tekan menentukan

$$\begin{aligned}
e_{\text{min}} &< e_{\text{perlu}} < e_b \\
33,240 \text{ mm} &< 74,163 \text{ mm} < 373,252 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_s' &= A_s' (f_y - 0,85 \cdot f_c') \\
 &= 4561,593 (400 - 0,85 \cdot 30) \\
 &= 1708316,404 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_c' &= 0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot X \\
 &= 0,85 \times 0,85 \times 30 \text{ MPa} \times 600 \text{ mm} \times X \\
 &= 13005 X
 \end{aligned}$$

Mencari nilai X :

$$\begin{aligned}
 a &= 0,54 d \\
 0,85X &= 0,54 \cdot 537 \\
 X &= 341,153 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned}
 C_c' &= 13005 \cdot 341,153 \\
 &= 4436694 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T &= A_s' \cdot f_s \\
 &= A_s' \cdot \left( \frac{d}{x} - 1 \right) 600 \\
 &= 4561,593 \cdot \left( \left( \frac{537}{341,153} \right) - 1 \right) \cdot 600 \\
 &= 1571215,206 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\epsilon_s < \epsilon_y (f_y > f_s)$$

$$\begin{aligned}
 \epsilon_s &= \left( \frac{d}{x} - 1 \right) \cdot 0,003 \\
 &= \left( \frac{537}{341,153} - 1 \right) \cdot 0,003 \\
 &= 0,002
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_s &= \epsilon_s \cdot E_s \\
 &= 0,002 \cdot 200000 \text{ MPa} \\
 &= 344,444 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \epsilon_y &= f_y / E_s \\
 &= 400 \text{ MPa} / 200000 \text{ MPa} \\
 &= 0,002
 \end{aligned}$$

$$\epsilon_s < \epsilon_y$$

$$0,002 < 0,002 \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned}
 P &= C_c' + C_s' - T \\
 &= 4436694 \text{ N} + 1708316,404 \text{ N} - 1571215,206 \text{ N} \\
 &= 4573795,198 \text{ N}
 \end{aligned}$$



$$P > P_b$$

$$4573795,198 \text{ N} > 4073890,390 \text{ N}$$

**(Memenuhi)**

$$a = 0,85 \cdot X$$

$$= 0,85 \cdot 341,153 = 289,980 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{n_{\text{terpasang}}} &= Cc' \left( d - d'' - \frac{a}{2} \right) + Cs' (d - d'' - d') + T \cdot d'' \\ &= 4436694 \left( 537 - 237 - \frac{289,980}{2} \right) + 1708316,404 \\ &\quad (537 - 237 - 63) + 1571215,206 (237) \\ &= 1,465 \times 10^9 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Cek syarat :

$$M_{n_{\text{terpasang}}} > M_n$$

$$1,465 \times 10^9 \text{ Nmm} > 3,331 \cdot 10^8 \text{ Nmm}$$

**(Memenuhi)**

e. Peninjauan Kolom Akibat Momen Arah Y

Momen akibat kombinasi gempa output SAP 2000

$$M_{1s} = 134352300 \text{ Nmm}$$

$$M_{2s} = 191115700 \text{ Nmm}$$

Momen akibat pengaruh beban gravitasi output SAP 2000 kombinasi (1.2D+1.6L+0.5Lr)

Akibat kombinasi:

$$M_{1ns} = 72497200 \text{ Nmm}$$

$$M_{2ns} = 117987200 \text{ Nmm}$$

Menghitung faktor pembesaran momen ( $\delta_s$ )

$$\begin{aligned} P_c &= \frac{\pi^2 \times EI}{(K \times Lu)^2} \\ &= \frac{\pi^2 \times 4,396 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2}{(1,49 \times 5200 \text{ mm})^2} = 7227293,67 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma P_c &= n \times P_c \\ &= 24 \times 7227293,67 \text{ N} = 173455048,081 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma P_u &= n \times P_u \\ &= 24 \times 2919389,000 \text{ N} = 70065336,000 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\Sigma P_u}{0,75 \Sigma P_c}} \geq 1$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{7227293,670 \text{ N}}{0,75 \times 173455048,081 \text{ N}}} \geq 1$$

$$\delta_s = 2,167 \geq 1$$

Maka dipakai  $\delta_s = 2,167$  dalam perhitungan perbesaran momen.

Pembesaran momen X :

Dari output SAP2000 diperoleh :

$$M_{1ns} = 72497200 \text{ Nmm}$$

$$M_{2ns} = 117987200 \text{ Nmm}$$

$$M_{1s} = 134352300 \text{ Nmm}$$

$$M_{2s} = 191115700 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_1 &= M_{1ns} + \delta_s M_{1s} \\ &= 72497200 + (2,167 \times 134352300) \\ &= 363672324,667 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_2 &= M_{2ns} + \delta_s M_{2s} \\ &= 117987200 + (2,167 \times 191115700) \\ &= 336823549,208 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Diambil momen terbesar yaitu

$$M_2 = 336823549,208 \text{ Nmm}$$

Maka Momen yang digunakan untuk menghitung kolom adalah  $M_2 = 336823549,208 \text{ Nmm}$

Penentuan  $\rho_{\text{perlu}}$  dari diagram interaksi

Dalam menentukan jumlah kebutuhan tulangan lentur kolom, digunakan Diagram Interaksi. Keterangan yang dibutuhkan dalam penggunaan Diagram Interaksi adalah

$$\begin{aligned} \mu h &= h \text{ kolom} - (2 \text{ t decking}) - (2 \emptyset \text{ geser}) - (\emptyset \text{ lentur}) \\ &= 600 - 2 \times 40 - 2 \times 12 - 22 \\ &= 474 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu &= \mu h / h \\ &= 474 / 600 \\ &= 0,8 \end{aligned}$$

Sumbu Vertikal

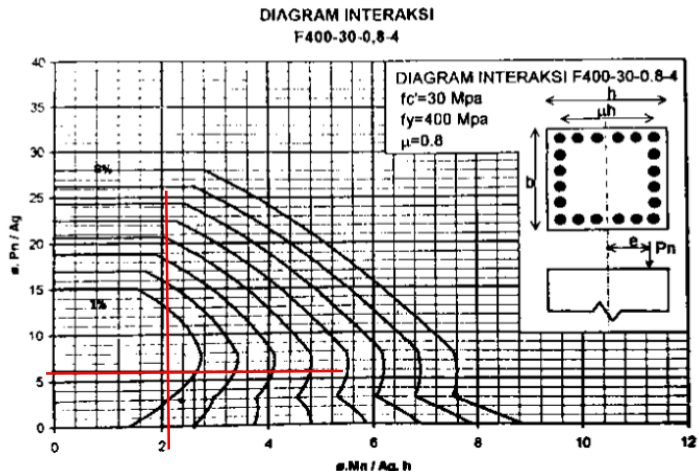
$$\frac{\phi P_n}{A_g} = \frac{P_u}{b \cdot h}$$

$$= 8,109$$

Sumbu Horizontal

$$\frac{\phi M_n}{A_g \cdot h} = \frac{M_u}{b \cdot h^2}$$

$$= 2,069$$



**Gambar 4. 93** Diagram Interaksi  $\rho$  Arah Y

Maka didapatkan  $\rho_{\text{perlu}} = 1 \% = 0,001$

Penentuan tulangan lentur kolom

Luas tulangan lentur perlu

$$A_s \text{ perlu} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times h$$

$$= 0,001 \times 600 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}$$

$$= 3600 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan lentur

$$\text{Luas tulangan D22} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times (22 \text{ mm})^2$$

$$= 380,133 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan lentur pasang

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{\text{luas tulangan D25}}$$

$$n = \frac{3600 \text{ mm}^2}{380,133 \text{ mm}^2}$$

$$= 9,47 \approx 12$$

Luasan tulangan lentur pasang

$$As_{\text{pasang}} = As'$$

$$= n \times (1/4 \cdot \pi \cdot d^2)$$

$$= 12 \times (1/4 \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2)$$

$$= 4561,593 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan 12D22

Prosentase Tulangan Terpasang

$$= \frac{As \text{ pasang}}{b \times h} \times 100\%$$

$$= \frac{4561,593 \text{ mm}^2}{600 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}} \times 100\%$$

$$= 1,267 < 8\% \text{ (**Memenuhi**)}$$

Cek kondisi balance

$$d = 600 - 40 - 12 - \frac{1}{2} 22 = 537 \text{ mm}$$

$$d' = 40 + 10 + \frac{1}{2} 22 = 63 \text{ mm}$$

$$d'' = 600 - 40 - 12 - \frac{1}{2} 22 - \frac{1}{2} 600 = 237 \text{ mm}$$

$$x_b = \frac{600}{(600 + f_y)} d$$

$$= \frac{600}{(600 + 400 \text{ MPa})} 537 \text{ mm}$$

$$= 322,200 \text{ mm}$$

$$a_b = 0,85 \times x_b$$

$$= 0,85 \times 322,200 \text{ mm}$$

$$= 273,870 \text{ mm}$$

$$C_{s'} = As' (f_y - 0,85 \cdot f_c')$$

$$= 4561,593 (400 - 0,85 \cdot 30)$$

$$= 1708316,404 \text{ N}$$

$$T = As' \cdot f_y$$

$$= 4561,593 \times 400$$

$$= 1824637,013 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
C_c' &= 0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot x_b \\
&= 0,85 \times 0,85 \times 30 \times 600 \times 322,200 \\
&= 4190211,000 \text{ N} \\
P_b &= C_c' + C_s' - T \\
&= 4190211,000 + 1708316,404 - 1824637,013 \\
&= 4073890,390 \text{ N} \\
M_b &= P_b \times e_b \\
&= C_c' \left( d - d'' - \frac{ab}{2} \right) + C_s' (d - d'' - d') + T \cdot d'' \\
&= 4190211 \cdot \left( 537 - 237 - \frac{273,870}{2} \right) + 1708316,404 \\
&\quad 537 - 237 - 63 + 1824637,013(237) \\
&= 1,521 \times 10^9 \text{ Nmm} \\
e_b &= \frac{M_b}{P_b} \\
&= \frac{1,521 \times 10^9}{4073890,390} \\
&= 372,252 \text{ mm} \\
M_n &= \frac{446823549,208}{0,65} \\
&= 6,874 \cdot 10^8 \text{ Nmm} \\
P_u &= \frac{29119389}{0,65} \\
&= 4,491 \cdot 10^6 \text{ N} \\
e_{\text{perlu}} &= \frac{M_u}{P_u} \\
&= \frac{6,874 \cdot 10^8 \text{ Nmm}}{4,491 \cdot 10^6 \text{ N}} \\
&= 153,054 \text{ mm} \\
e_{\text{min}} &= (15,24 + 0,03h) \\
&= (15,24 + 0,03 \cdot 600 \text{ mm}) \\
&= 33,240 \text{ mm}
\end{aligned}$$

#### Kontrol kondisi

$$\begin{aligned}
e_{\text{min}} &< e_{\text{perlu}} < e_b \\
33,240 \text{ mm} &< 153,054 \text{ mm} < 373,252 \text{ mm} \\
\text{Maka kolom termasuk kondisi tekan menentukan}
\end{aligned}$$

#### Kontrol kondisi tekan menentukan

$$\begin{aligned}
e_{\text{min}} &< e_{\text{perlu}} < e_b \\
33,240 \text{ mm} &< 153,054 \text{ mm} < 373,252 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_s' &= A_s' (f_y - 0,85 \cdot f_c') \\
 &= 4561,593 (400 - 0,85 \cdot 30) \\
 &= 1708316,404 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_c' &= 0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot X \\
 &= 0,85 \times 0,85 \times 30 \text{ MPa} \times 600 \text{ mm} \times X \\
 &= 13005 X
 \end{aligned}$$

Mencari nilai X :

$$\begin{aligned}
 a &= 0,54 d \\
 0,85X &= 0,54 \cdot 537 \\
 X &= 341,153 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned}
 C_c' &= 13005 (341,153) \\
 &= 4436694 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T &= A_s' \cdot f_s \\
 &= A_s' \cdot \left( \frac{d}{x} - 1 \right) 600 \\
 &= 4561,593 \cdot \left( \left( \frac{537}{341,153} \right) - 1 \right) \cdot 600 \\
 &= 1571215,206 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\epsilon_s < \epsilon_y (f_y > f_s)$$

$$\begin{aligned}
 \epsilon_s &= \left( \frac{d}{x} - 1 \right) \cdot 0,003 \\
 &= \left( \frac{537}{341,153} - 1 \right) \cdot 0,003 \\
 &= 0,0017
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_s &= \epsilon_s \cdot E_s \\
 &= 0,002 \cdot 200000 \text{ MPa} \\
 &= 344,444 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \epsilon_y &= f_y / E_s \\
 &= 400 \text{ MPa} / 200000 \text{ MPa} \\
 &= 0,002
 \end{aligned}$$

$$\epsilon_s < \epsilon_y$$

$$0,0017 < 0,002 \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned}
 P &= C_c' + C_s' - T \\
 &= 4436694 \text{ N} + 1708316,404 \text{ N} - 1571215,206 \text{ N} \\
 &= 4573795,198 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$P > P_b$$

$$4573795,198 \text{ N} > 4073890,390 \text{ N}$$

**(Memenuhi)**

$$a = 0,85 \cdot X$$

$$= 0,85 \cdot 341,153 = 289,980 \text{ mm}$$

$$Mn_{\text{terpasang}} = Cc' \left( d - d'' - \frac{a}{2} \right) + Cs' (d - d'' - d') + T \cdot d''$$

$$= 4436694 \left( 537 - 237 - \frac{289,980}{2} \right) +$$

$$1708316,404(537 - 237 - 63) + 1571215,206(237)$$

$$= 1,465 \times 10^9 \text{ Nmm}$$

Cek syarat :

$$Mn_{\text{terpasang}} > Mn$$

$$1,465 \times 10^9 \text{ Nmm} > 6,874 \cdot 10^8 \text{ Nmm}$$

**(Memenuhi)**

Dari peninjauan tulangan lentur sumbu X dan sumbu Y maka pemasangan tulangan kolom didasarkan pada penulangan lentur terbesar yaitu pada peninjauan sumbu Y. Sehingga pada perencanaan penulangan kolom bangunan gedung dipasang tulangan 12D22.

f. Kontrol jarak spasi tulangan satu sisi

Syarat :

$$S_{\text{max}} \geq S_{\text{sejajar}} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{max}} \leq S_{\text{sejajar}} \rightarrow \text{perbesar penampang kolom}$$

$$S_{\text{max}} = \frac{b - (2 t_{\text{selimut}}) - (2 \phi_{\text{geser}}) - (n \cdot \phi_{\text{lentur}})}{n - 1}$$

$$S_{\text{max}} = \frac{600 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (4 \times 22)}{4 - 1}$$

$$S_{\text{max}} = 136,00 \text{ mm} > 40 \text{ mm} \text{ (Memenuhi)}$$

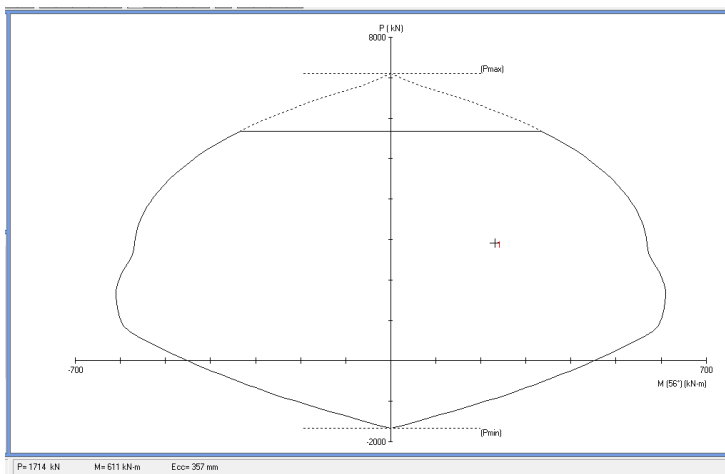
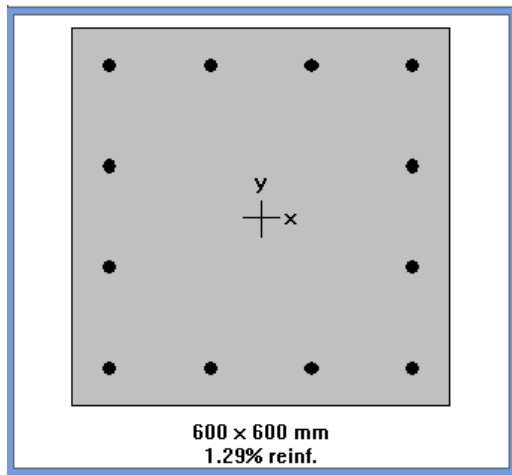
maka tulangan lentur disusun 1 lapis

g. Cek dengan program pcaColumn

Semua output mengenai perhitungan dimasukkan ke dalam analisis pcaColumn, sehingga diperoleh grafik momen sebagai berikut :







Jadi kolom dapat menahan gaya lentur dan aksial yang terjadi.

## h. Perhitungan Penulangan Geser Kolom

Data Perencanaan :

h kolom	: 600 mm
b kolom	: 600 mm
Tebal selimut beton	: 40 mm
Tinggi kolom	: 5200 mm
Mutu beton ( $f_c'$ )	: 30 MPa
Kuat leleh tulangan lentur( $f_y$ )	: 400 MPa
Kuat leleh tulangan geser( $f_{yv}$ )	: 400 MPa
Diameter Tulangan lentur	: D22
Diameter Tulangan geser	: $\phi 12$
Faktor Reduksi	: 0,75

Berdasarkan hasil out put progam SAP 2000, maka diperoleh hasil gaya pada kolom as 5-E lantai 1 sebagai berikut:

$$P_U (1,2D+1,6L+0,5L_r) = 2919389 \text{ N}$$

Syarat Kuat Tekan Beton ( $f_c'$ ):

Nilai  $\sqrt{f_c'}$  yang digunakan tidak boleh melebihi 25/3 MPa

$$\sqrt{f_c'} \leq \frac{25}{3}$$

$$\sqrt{30} \leq \frac{25}{3} \text{ N/mm}^2$$

$$5,477 \text{ N/mm}^2 \leq 8,33 \text{ N/mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

Kekuatan geser pada beton :

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \left[ 1 + \frac{N_u}{14 \times A_g} \right] \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d \\ &= 0,17 \left[ 1 + \frac{2919389}{14 \times 360000} \right] \times 1 \times \sqrt{30} \times 600 \times 537 \\ &= 473788,242 \text{ N} \end{aligned}$$

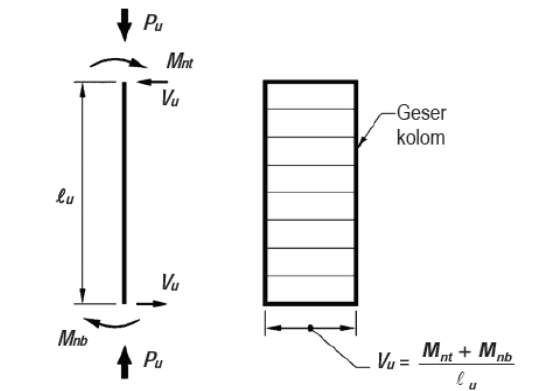
Gaya lintang rencana pada kolom untuk peninjauan SRPMM diambil dari hasil pcacol sebagai berikut :

Control Points:  
=====

Bending about	Axial Load P kN	X-Moment kN-m	Y-Moment kN-m	N.A. depth mm
-----				
X @ Pure compression	7097.5	0	0	1647
@ Max compression	5678.0	336	0	601
@ fs = 0.0	5169.1	426	0	549
@ fs = 0.5*fy	3734.7	591	0	412
@ Balanced point	2741.8	650	0	329
@ Tension Control	2022.6	795	0	206
@ Pure bending	0.0	433	0	76
@ Pure tension	-1671.8	-0	-0	0
-----				
Y @ Pure compression	7097.5	0	0	1647
@ Max compression	5678.0	0	336	601
@ fs = 0.0	5169.1	0	426	549
@ fs = 0.5*fy	3734.7	0	591	412
@ Balanced point	2741.8	0	650	329
@ Tension Control	2022.6	0	795	206
@ Pure bending	0.0	0	433	76
@ Pure tension	-1671.8	-0	-0	0

Mnt = 795000000 Nmm

Mnb = 795000000 Nmm



Gambar 4.95 Lintang rencana untuk SRPMM

-  $V_u = \frac{M_{nt} + M_{nb}}{\ell_u}$

Dimana :

Mnt = Momen nominal atas (top) kolom

Mnb = Momen nominal bawah (bottom) kolom

$$\begin{aligned}
 V_u &= \frac{M_{nt} + M_{nb}}{l_u} \\
 V_u &= \frac{M_{nt} + M_{nb}}{l_u} \\
 &= \frac{795000000 + 795000000}{4900} \\
 &= 338297,872 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Cek  $V_u$

$$\begin{aligned}
 V_u / \phi &< \frac{1}{2} V_c \\
 451063,830 \text{ N} &< 236894,121 \text{ N}
 \end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

Sehingga perlu tulangan geser.

- Cek apakah cukup dipasang tulangan geser minimum:

$$\begin{aligned}
 V_u / \phi &< V_c + 1/3 \cdot b \cdot d \\
 451063,830 \text{ N} &< 584943,003
 \end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

Sehingga diperlukan tulangan geser minimum.

- Tumpuan

Direncanakan :

$$\emptyset = 12$$

$$s = 100$$

$$n = 2$$

Luas Tulangan pasang

$$\begin{aligned}
 A_v &= 0,25\pi D^2 \\
 &= 0,25\pi 12^2 \\
 &= 226,195 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_v \text{ min} &= 1/3(bw \cdot s / f_y) \\
 &= 1/3(600 \cdot 100 / 400) \\
 &= 50 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned}
 A_v &> A_v \text{ min} \\
 226,195 \text{ mm}^2 &> 50 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

**(Memenuhi)**

- Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Geser pada Kolom Spasi sengkang tidak boleh melebihi:

- $S_{pakai} \leq 8D$   
100 mm < 176 mm (Memenuhi)
- $S_{pakai} \leq \frac{1}{2}bw$   
100 mm < 300 mm (Memenuhi)
- $S_{pakai} \leq 24 \times \phi_{tulangan \text{ sengkang}}$   
100 mm < 240 mm (Memenuhi)
- $S_{pakai} \leq 300 \text{ mm}$   
100 mm < 300 mm (Memenuhi)

Maka, dipakai So sebesar  $\phi 12 - 100 \text{ mm}$ .

- Lapangan

Direncanakan :

$$\phi = 12$$

$$s = 100$$

$$n = 2$$

Luas Tulangan pasang

$$\begin{aligned} A_v &= 0,25\pi D^2 \\ &= 0,25\pi 12^2 \\ &= 226,195 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_v \text{ min} &= 1/3(bw.s/f_y) \\ &= 1/3(600.100/400) \\ &= 50 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol:

$$A_v > A_v \text{ min}$$

$$226,195 \text{ mm}^2 > 50 \text{ mm}^2$$

**(Memenuhi)**

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.3.5.4, untuk bentang kolom di luar lo, spasi penulangan transversal harus mengikuti ketentuan dalam pasal 7.10 dan 11.4.5.1 dimana spasi tidak boleh melebihi:

- So <  $16 \times \text{tul.lentur}$   
150 mm < 352 mm
- So <  $48 \times \text{tul.geser}$   
150 mm < 576 mm

- So <  $d/2$   
150 mm < 269 mm
- So < 600 mm  
150 mm < 600 mm

Maka dipilih jarak sengkang sejarak =  $269 \approx 150$  mm

Jadi pada lapangan dipasang tulangan geser sebesar  $\emptyset 12$  -150

Direncanakan  $L_o = 800$  mm

- Panjang  $L_o$  tidak boleh kurang dari pada nilai terbesar berikut ini :

a) Seperenam tinggi bersih kolom,

$$L_o > \frac{1}{6} \times (5200 - 500)$$

$$L_o > 783,333 \text{ mm}$$

b) Dimensi terbesar penampang kolom

$$L_o > 600 \text{ mm}$$

c)  $L_o > 450 \text{ mm}$

Maka dipakai  $L_o$  sebesar 800 mm

Sehingga dipasang sengkang sebesar  $\emptyset 10$  –150 mm sejarak 800 mm dari muka hubungan balok kolom.

- 2). Sengkang ikat pertama harus dipasang pada jarak tidak lebih daripada  $0,5 \times S_o = 0,5 \times 150 \text{ mm} = 75 \text{ mm}$  dari muka hubungan balok kolom.
- 3). Spasi sengkang ikat pada seberang penampang kolom tidak boleh melebihi  $2 \times S_o = 2 \times 150 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$ .
- i. Sambungan Lewatan Tulangan Vertikal  
Panjang lewatan minimum untuk sambungan lewatan tekan adalah  $0,071 \times f_y \times d_b$ , untuk  $f_y = 400 \text{ Mpa}$  atau kurang, tetapi tidak kurang dari 300 mm.

$$0,071 \times f_y \times d_b \geq 300 \text{ mm}$$

$$0,071 \times 400 \text{ N/mm}^2 \times 22 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm}$$

$$624,8 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm}$$

**(Memenuhi)**

Maka panjang sambungan lewatan kolom sebesar 625 mm.

## j. Panjang Penyaluran

Panjang penyaluran untuk tulangan D22 harus diambil sebesar :

$$l_d = \frac{fy}{1,1\lambda\sqrt{fc'}} \left( \frac{\Psi_e \Psi_t \Psi_s}{\frac{cb + K_{tr}}{db}} \right) \cdot d_b$$

$$l_d = \frac{400}{1,1 \cdot 1,1 \cdot \sqrt{30}} \left( \frac{(1)(1,3)(1)}{\frac{45 + 0}{22}} \right) 22$$

$$l_d = 928,288 \text{ mm} \approx 1000 \text{ mm}$$

4.6 Perhitungan Volume Pembesian

Volume pembesian ditinjau dari dua portal, yaitu portal melintang dan portal memanjang yang masing- masing portal terdiri dari balok dan kolom.

4.6.1 Perhitungan Volume Pembesian Balok

Perhitungan volume permbesian balok dibedakan menjadi 2 macam, yaitu tulangan utama dan sengkang. Berikut ini adalah contoh perhitungannya:

- **Perhitungan volume**

Perhitungan pembesian balok induk as E (A-B)

Lebar baok induk = 0,35 m

Tinggi balok induk = 0,50 m

Diameter tulangan

Tulangan atas = 22 mm = 0,022 m

Tulangan Tengah = 16 mm = 0.016 m

Tulangan bawah = 22 mm = 0,022 m

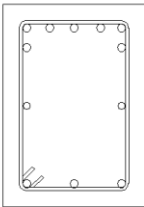
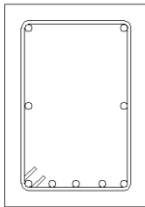
Tulangan sengkang= 13 mm = 0,013 m

Cover = 40 mm = 0,040 m

n tulangan atas = 3 buah

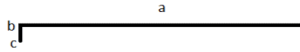
n tulangan tengah = 2 buah

n tulangan bawah = 3 buah

BALOK B1 (35/50)	
TUMPUHAN	LAPANGAN
	
Dimensi : 350 x 500	Dimensi : 350 x 500
Tebal Selimut (Decking) : 40.00 mm	Tebal Selimut (Decking) : 40.00 mm
Tulangan Atas : 7 Ø 22	Tulangan Atas : 2 Ø 22
Tulangan Tengah : 2 Ø 16	Tulangan Tengah : 2 Ø 16
Tulangan Bawah : 3 Ø 22	Tulangan Bawah : 5 Ø 22
Beugel : Ø 13 - 100	Beugel : Ø 13 - 150

Gambar 4. 96 Detail Tulangan Balok Induk

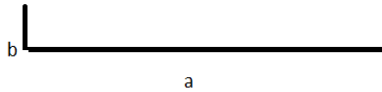


**Tulangan utama atas (menerus)****Gambar 4. 97** Potongan Tulangan Balok Sisi Atas

$$\begin{aligned}
 a &= \text{panjang balok} + (l_{dh}) \\
 &= 6,6 \text{ m} + (0,2 \text{ m}) \\
 &= 6,8 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\text{Panjang} = 6,8 \text{ m}$$

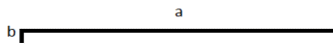
$$\begin{aligned}
 \text{Panjang total} &= 6,8 \text{ m} \times 2 \text{ buah} \\
 &= 13,6 \text{ m}
 \end{aligned}$$

**Tulangan utama bawah (menerus)****Gambar 4. 98** Potongan Balok Tulangan Sisi Bawah

$$\begin{aligned}
 a &= \text{panjang balok} + (l_{dh}) \\
 &= 6,6 \text{ m} + (0,2 \text{ m}) \\
 &= 6,8 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\text{Panjang} = 6,8 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang total} &= 6,8 \text{ m} \times 2 \text{ buah} \\
 &= 13,6 \text{ m}
 \end{aligned}$$

**Tulangan tarik (tumpuan kiri)****Gambar 4. 99** Potongan Tulangan Tarik Balok Tumpuan Kiri

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{1}{4} L_{\text{balok}} + L_{dh} \\
 &= 1,65 \text{ m} + 0,2 \text{ m} \\
 &= 1,85 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang} &= 1,85 \text{ m} \\ \text{Panjang total} &= 1,85 \text{ m} \times 5 \text{ buah} \\ &= 9,25 \text{ m}\end{aligned}$$

**Tulangan tarik (tumpuan kanan)**

$$a$$


---

**Gambar 4. 100** Potongan Tulangan Tarik Balok  
Tumpuan Kanan

$$\begin{aligned}a &= \frac{1}{4} L_{\text{balok}} + L_{\text{dh}} \\ &= 1,65 \text{ m} + 0,2 \text{ m} \\ &= 1,85 \text{ m} \\ \text{Panjang} &= 1,85 \text{ m} \\ \text{Panjang total} &= 1,85 \text{ m} \times 5 \text{ buah} \\ &= 9,25 \text{ m}\end{aligned}$$

**Tulangan tengah**

$$a$$


---

**Gambar 4. 101** Potongan Tulangan Tengah

$$\begin{aligned}a &= L_{\text{balok}} \\ &= 6,6 \text{ m} \\ \text{Panjang} &= 6,6 \text{ m} \\ \text{Panjang total} &= 6,6 \text{ m} \times 2 \text{ buah} \\ &= 13,2 \text{ m}\end{aligned}$$

**Tulangan lapangan bawah**

$$a$$

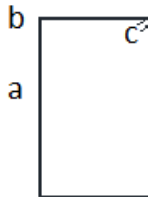

---

**Gambar 4. 102** Potongan Tulangan Lapangan  
Bawah

$$\begin{aligned}a &= L_{\text{balok}} + 2L_{\text{dh}} \\ &= 3,3 \text{ m} + (2 \times 0,264 \text{ m}) \\ \text{Panjang} &= 3,828 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang total} &= 3,828 \text{ m} \times 2 \text{ buah} \\ &= 7,656 \text{ m}\end{aligned}$$

### Tulangan sengkang



**Gambar 4. 103** Potongan Sengkang Balok

$$\begin{aligned}a &= \text{lebar balok} - (2 \times \text{cover}) \\ &= 0,35 \text{ m} - (2 \times 0,03) \\ &= 0,27 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}b &= \text{tinggi balok} - (2 \times \text{cover}) \\ &= 0,50 \text{ m} - (2 \times 0,03) \\ &= 0,42 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}c &= 2,5 \times d \\ &= 0,078 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang} &= a+b+c \\ &= 0,27 \text{ m} + 0,42 \text{ m} + 0,078 \text{ m} \\ &= 1,536 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Banyak sengkang tumpuan} &= \frac{1,536 \text{ m}}{0,1 \text{ m}} + 1 \\ &= 33 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Banyak sengkang lapangan} &= \frac{1,536 \text{ m}}{0,15 \text{ m}} + 1 \\ &= 22 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$\text{Total banyak sengkang} = 55 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang total} &= 1,536 \text{ m} \times 55 \text{ buah} \\ &= 84,48 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang tulangan } \emptyset 13 &= 84,48 \text{ m} \\ &= 84,48 \text{ m} / 12 \text{ m} \\ &= 8 \text{ lonjor}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang tulangan D22} &= 13,6+13,6+13,2+9,25+9,25 \\
 &+7,656 \\
 &= 66,556 \text{ m} / 12 \text{ m} \\
 &= 6 \text{ lonjor}
 \end{aligned}$$

Dengan perhitungan seperti cara diatas dihitung pula untuk tulangan balok induk (B1 35/50) pada bentang selanjutnya dan diperoleh volume total tulangan balok induk satu portal melintang yang dibutuhkan sebagai berikut :

**Tabel 4. 14** Volume Tulangan Balok Induk

Balok	n	Volume Beton (m <sup>3</sup> )	Berat Tulangan (kg)	Berat Tulangan (kg)	Rasio (kg/m <sup>3</sup> )
B1	12	15,12	267,9385	3215	212,65

#### 4.6.2 Perhitungan volume pembesian kolom

Pekerjaan pembesian kolom dibagi menjadi dua macam, tulangan utama dan sengkang. Berikut ini adalah contoh perhitungannya :

- **Perhitungan volume**

Perhitungan kolom K1

Lebar kolom = 0,60 m

Tinggi kolom = 0,60 m

D tulangan

Tulangan utama = 22 mm = 0,022 m

n tulangan utama = 12 buah

Tulangan sengkang = 10 mm = 0,010 m

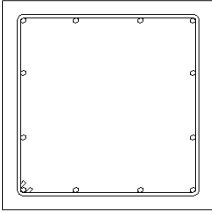
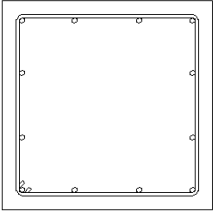
Tebal selimut beton = 40 mm

Sambungan lewatan kolom = 0,625 m

Panjang penyaluran ( $L_d$ ) = 1 m

Bengkokan ( $12d_b$ ) = 0,264 m

Kait ( $4d_b$ ) = 0,088 m

KOLOM UTAMA K1 (60/60)	
TUNPUN	LAPANAN
	
Dimensi : 600 x 600	Dimensi : 600 x 600
Tebal Selimut (tacking) : 40,00 mm	Tebal Selimut (tacking) : 40,00 mm
Tulangan Utama : 12 D 22	Tulangan Utama : 12 D 22
Baujal : Ø 12 – 100	Baujal : Ø 12 – 150

Gambar 4. 104 Detail Tulangan Kolom

Tulangan utama (menerus)



Gambar 4. 105 Potongan Tulangan Kolom Sisi Atas

- Panjang tulangan utama  
 $L = (\text{Tinggi kolom} + \text{panjang penyaluran}) \times \text{jumlah tulangan}$   
 $= (5,2 \text{ m} + 1 \text{ m}) \times 12$   
 $= 74,4 \text{ m}$   
Berat baja tulangan D22  
 $BJ = 7850 \text{ kg/m}^3 \times \text{luas tulangan}$   
 $= 7850 \text{ kg/m}^3 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2$   
 $= 2,985 \text{ kg/m}$   
Panjang 1 lonjor tulangan = 12 meter

Panjang total tulangan = 74,4 m

Berat total tulangan per 1 kolom

V total = 74,4 m x 2,985 kg/m

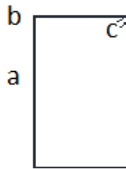
= 222,084 kg

Berat total tulangan kolom per portal

V = 222,084 kg x 4

= 888,336 kg

### **Tulangan sengkang**



**Gambar 4. 106** Gambar Potongan Tulangan Sengkang

- Panjang Beugel

$$\begin{aligned} L &= 2x((B_{\text{kolom}} - (t_{\text{selimut}} \times 2)) + (H_{\text{kolom}} - (t_{\text{selimut}} \times 2))) + (6 \times \text{diameter tulangan}) \\ &= ((600 - (40 \times 2)) + ((600 - (40 \times 2))) + (6 \times 0,012)) \\ &= 2224 \text{ mm} \\ &= 2,224 \text{ m} \end{aligned}$$

- Jumlah beugel tumpuan

$$\begin{aligned} n &= 2x(1/4 \text{ Tinggi kolom/jarak antar tulangan}) + 1 \\ &= 2x ((1300 / 100) + 1) \\ &= 28 \end{aligned}$$

- Jumlah beugel lapangan

$$\begin{aligned} n &= (1/2 \text{ Tinggi kolom/jarak antar tulangan}) + 1 \\ &= ((2600 / 100) + 1) \\ &= 27 \end{aligned}$$

Berat baja tulangan Ø12

$$\begin{aligned} BJ &= 7850 \text{ kg/m}^3 \times \text{luas tulangan} \\ &= 7850 \text{ kg/m}^3 \times 1/4 \times \pi \times 12^2 \\ &= 0,888 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Panjang total tulangan geser per 1 kolom

$$\begin{aligned}
 L_{\text{total}} &= \text{Panjang begel} \times (\text{n begel lapangan} + \text{n begel tumpuan}) \\
 &= 2,224 \text{ m} \times (28+27) \\
 &= 122,32 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Berat total tulangan per 1 kolom} \\
 V_{\text{total}} &= \text{panjang total} \times 0,888 \text{ kg/m} \\
 &= 122,32 \text{ m} \times 0,888 \text{ kg/m} \\
 &= 108,620 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

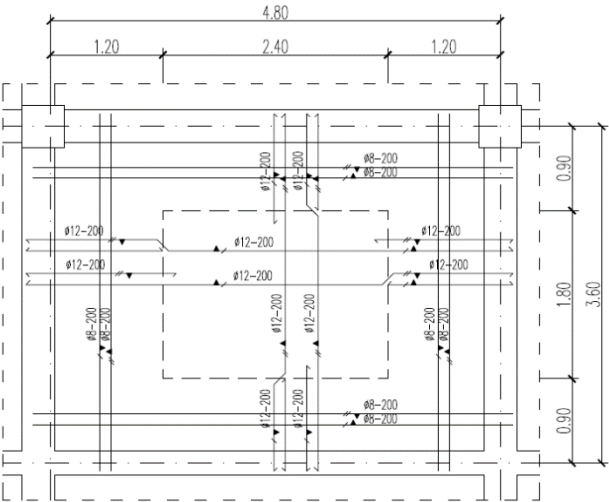
Dengan perhitungan seperti cara diatas dihitung pula untuk tulangan kolom selanjutnya dan diperoleh volume tulangan kolom dalam satu portal melintang yang dibutuhkan sebagai berikut:

**Tabel 4. 15** Tabel Volume Tulangan Kolom

Tipe	n	Volume Beton ( $\text{m}^3$ )	Berat Tulangan (kg)	Rasio ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
K1	4	7,20	1488	206,72

4.6.3 Perhitungan volume pembesian pelat

Berikut adalah perhitungan volume penulangan pelat:  
Pelat Tipe A



Gambar 4. 107 Detail Tulangan Pelat

Tabel 4. 16 Tabel Volume Tulangan Pelat

Tipe Pelat	n	x (m)	y (m)	Ln (m)	Volume Beton (m <sup>3</sup> )	Berat Tulangan (kg)	Rasio (kg/m <sup>3</sup> )
A	12	2,4	3,6	0,12	12,44	1688	135,65



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan keseluruhan hasil analisis yang telah dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini dapat ditarik beberapa kesimpulan:

1. Perencanaan struktur gedung di daerah dengan nilai KDS C, sehingga dapat dirancang dengan metode sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM) dengan perhitungan gempa statik ekuivalen dengan periode 10 % dalam 50 tahun dimana bangunan gedung perkuliahan termasuk dalam kategori resiko IV dengan nilai  $R=5$ .
2. Dari keseluruhan pembahasan yang telah diuraikan, diperoleh hasil sebagai berikut:

##### a. Komponen Atap Baja

Dari perhitungan diperoleh besar profil dan dimensi dari komponen atap baja adalah sebagai berikut:

- Gording = LLC 150.65.20.3,2
- Penggantung Gording = Ø14 mm
- Ikatan Angin = Ø10 mm
- Kuda-kuda = WF 250.125.6.9
- Kolom = WF 250.125.6.9
- Sambungan :
  - Kolom – Kuda kuda = Baut Ø16 mm
  - Antar Kuda-kuda = Baut Ø16 mm
  - Pelat Landas = Baut Ø16 mm

b. Komponen Tangga

**Tabel 5. 1** Rekapitulasi Tulangan Pelat Tangga dan Pelat Bordes

Tipe	Tebal Pelat	Arah X		Arah Y	
		Ø	s	Ø	s
	mm	mm	mm	mm	mm
Pelat Bordes	12	10	200	13	150
Pelat Tangga	12	10	200	13	150

c. Komponen Pelat Lantai

**Tabel 5. 2** Rekapitulasi Tulangan Pelat Lantai

Tipe	Tebal Pelat	Bagian	Arah X		Susut X		Arah Y		Susut Y	
			Ø	s	Ø	s	Ø	s	Ø	s
	mm		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
A	12	Lap.	10	200	8	200	10	200	8	200
		Tum.	10	200	8	200	10	200	8	200
B	12	Lap.	10	200	8	200	10	200	8	200
		Tum.	10	200	8	200	10	200	8	200
C	12	Lap.	10	200	8	200	10	200	8	200
		Tum.	10	200	8	200	10	200	8	200
D	12	Lap.	10	200	8	200	10	200	8	200
		Tum.	10	200	8	200	10	200	8	200
E	12	Lap.	10	200	8	200	10	200	8	200
		Tum.	10	200	8	200	10	200	8	200
F	12	Lap.	10	200	8	200	10	200	8	200
		Tum.	10	200	8	200	10	200	8	200
G	12	Lap.	10	200	8	200	10	200	8	200
		Tum.	10	200	8	200	10	200	8	200
H	12	Lap.	10	200	8	200	10	200	8	200
		Tum.	10	200	8	200	10	200	8	200
I	12	Lap.	10	200	8	200	10	200	8	200
		Tum.	10	200	8	200	10	200	8	200

## d. Komponen Balok

**Tabel 5. 3** Rekapitulasi Tulangan Balok

Tipe	Bentang	Dimensi	Tul Torsi	Tul.Lentur				Tul.Geser	
	mm			Tumpuan		Lapangan		Tump.	Lap.
				Tarik	Tekan	Tarik	Tekan		
B1	7200	35/50	2D16	7D 22	3D 22	4D 22	2D 22	13- 100	13- 150
B2	7200	25/35	-	4D 22	2D 22	3D 22	2D 22	10- 100	10- 150
B3	7200	25/35	2D12	4D 22	2D 22	4D 22	2D 22	10- 100	10- 150
B4	3600	35/50	2D16	3D 22	2D 22	3D 22	2D 22	10- 100	10- 150
B5	5000	25/35	2D12	4D 22	2D 22	4D 22	2D 22	12- 100	12- 150
B6	2200	20/30	2D10	5D 13	2D 13	3D 13	2D 13	10- 100	10- 150
KS1	1200	35/50	2D16	3D 22	2D 22	2D 22	2D 22	10- 100	10- 150
KS2	1200	25/35	-	3D 22	2D 22	2D 22	2D 22	10- 100	10- 150
Sloof	7200	30/45	2D13	4D 22	2D 22	4D 22	2D 22	10- 100	10- 150

## e. Komponen Kolom

**Tabel 5. 4** Rekapitulasi Tulangan Kolom

Tipe Kolom	Dimensi		Tulangan	
	b	h	Lentur	Geser
K1	600	600	12D22	Ø12-100
				Ø12-150
K2	450	450	12D22	Ø12-100
				Ø12-150
K3	250	250	4D16	Ø12-100
				Ø12-150

## f. Volume Tulangan

**Tabel 5. 5** Rekapitulasi Volume Tulangan Balok

Tipe Balok	n	Dimensi			Volume Beton m <sup>3</sup>	Berat Tulangan kg	Rasio kg/m <sup>3</sup>
		b	h	L			
		m	m	m			
B1	12	0,35	0,5	7,2	15,12	3215	212,65
B1 4.8	12	0,35	0,5	4,8	10,08	2096	207,96
B4	6	0,35	0,5	3,6	3,78	658	174,1
KS1	12	0,35	0,5	1,2	2,52	353	140,2
S1 7.2	2	0,4	0,5	7,2	2,88	303	105,2
S1 4.8	2	0,4	0,5	4,8	1,92	210	109,6
S1 3.6	1	0,4	0,5	3,6	0,72	82	114,0

**Tabel 5. 6** Rekapitulasi Volume Tulangan Kolom

Tipe Kolom	n	Dimensi			Volume Beton	Berat Tulangan	Rasio
		b	h	Ln			
		m	m	m			
K1 5.2	4	0,6	0,6	5,2	7,49	1488	206,72
k1 4.2	8	0,6	0,6	4,2	12,10	2475	214,9
k2	12	0,45	0,45	4,2	10,21	2841	278,4

**Tabel 5. 7** Rekapitulasi Volume Tulangan Pelat

Tipe Plat	n	Dimensi			Volume Beton	Berat Tulangan	Rasio
		x	y	Ln			
		m	m	m			
Plat A	12	2,4	3,6	0,12	12,44	1688	135,65
Plat B	25	1,8	3,6	0,12	19,44	2637	135,65
Plat C	6	2,4	2,2	0,12	3,80	516	135,65
Plat D	6	1,5	5	0,12	5,40	733	135,65
Plat E	12	1,8	1,2	0,12	3,11	422	135,65
Plat F	6	2,4	1,2	0,12	2,07	281	135,65

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan didapatkan beberapa saran:

1. Sebaiknya sebelum melakukan perhitungan perencanaan struktur, lebih tepat apabila memahami peraturan yang berlaku yang akan digunakan sebagai dasar teori perencanaan.
2. Sebelum perencanaan struktur sebaiknya dilakukan perkiraan awal ukuran elemen struktur, sehingga tidak terjadi penentuan ukuran secara berulang-ulang.
3. Dalam penentuan elemen-elemen struktur seperti penentuan tulangan pelat, balok, serta kolom sebaiknya

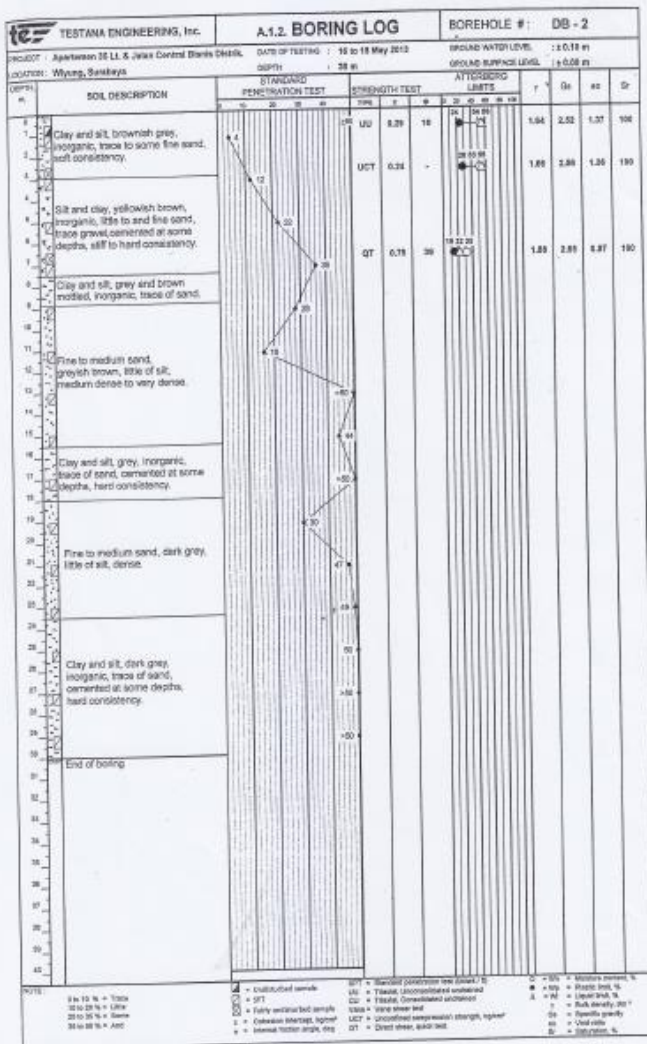
digunakan ukuran yang hampir seragam agar mempermudah pelaksanaan di lapangan.

4. Dalam melakukan input data pada program SAP 2000, hendaknya dilakukan dengan teliti agar dihasilkan analisis struktur yang mendekati keadaan sebenarnya.

## DAFTAR PUSTAKA


- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *SNI 03-1727-2013 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *SNI 03-1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-gedung*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *SNI 03-2847-2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2015. *SNI 03-1729-2015 Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jakarta: BSN.
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. “*Peraturan Beton Bertulang 1971*”, Bandung, 2013.
- Imran, Iswandi dan Fajar Hendrik. 2009. *Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa*. Bandung: Penerbit ITB.
- Wang, Chu-Kia, dan Charles G. Salmon. (1989). *Disain Beton Bertulang Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Wang, Chu-Kia, dan Charles G. Salmon. (1999). *Disain Beton Bertulang Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Dewobroto, Wiryanto.(2015). *Struktur Baja Perilaku, Analisis, dan Desain – AISC 2010 Edisi ke-2*. Jakarta : Lumina Press.
- Setiawan, Agus. (2016). *Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847-2013*. Jakarta : Erlangga.

# A. Data Tanah





B. Brosur Batako



### Spesifikasi Teknis Bata Ringan Citicon

Panjang, L (mm) : 600  
 Tinggi, H (mm) : 200 ; 400  
 Tebal, T (mm) : 75 ; 100 ; 125 ; 150 ; 175 ; 200

Berat jenis kering, [ρ] : 530 kg/m³  
 Berat jenis normal, [ρ] : 600 kg/m³  
 Kuat tekan, [α] : ≥ 4.0 N/m²  
 Konduktifitas termis, [λ] : 0.14 w/mk

Tebal	mm	75	100	125	150	175	200
Luas Dinding / m²	m²	13.33	10.00	8.00	6.67	5.71	5.00
Isi / m³	Blok	111.11	83.33	66.67	55.56	47.62	41.67

### Citicon Light Concrete Technical Specifications

Length, L (mm) : 600  
 Height, H (mm) : 200 ; 400  
 Thick, T (mm) : 75 ; 100 ; 125 ; 150 ; 175 ; 200

Dry Density, [ρ] : 530 kg/m³  
 Field Density, [ρ] : 600 kg/m³  
 Compressive Strength, [α] : ≥ 4.0 N/m²  
 Thermal Conductivity, [λ] : 0.14 w/mk

Thick	mm	75	100	125	150	175	200
Wall Area / m²	m²	13.33	10.00	8.00	6.67	5.71	5.00
Contents / m³	Block	111.11	83.33	66.67	55.56	47.62	41.67

C. Brosur Keramik



## 30 x 30



ARMAA Ceramic Tiles

### TECHNICAL DATA

ARMAA Ceramic Tiles

DESCRIPTION	UNIT	PERMITS OF TOLERANCE	STD	UNIT	PERMITS OF TOLERANCE	STD
Size Variance	%	± 0.5	± 0.5	%	± 0.2 (± 0.5)	± 0.2 (± 0.5)
Thickness Tolerance	%	± 0.5	± 0.5	%	± 0.5	± 0.5
Rectification	%	± 0.4	± 0.5	%	± 0.3	± 0.3
Straightness of edges	%	± 0.4	± 0.5	%	± 0.3	± 0.3
Groutless						
α. Center Curvature	%	± 0.5	± 0.5	mm	± 0.2 (± 0.5)	± 0.2 (± 0.5)
β. Edge Curvature	%	± 0.5	± 0.5	mm	± 0.2 (± 0.5)	± 0.2 (± 0.5)
γ. Warpage	%	± 0.5	± 0.5	mm	± 1	± 1
Mixture of Porosity	kg/m²	± 20	± 20	kg/m²	± 20	± 20
Water Absorption	%	6-8	6-8	%	± 10	± 10
Cracking Resistance	(ft-lb)	Resistant	Resistant	(ft-lb)	Resistant	Resistant

### Armaa Ceramic Tiles pricing information

SIZE (cm)	QTY/BOX	M²/BOX	WT. KG/BOX
30cm x 30cm	25	1	13-14
30cm x 30cm	25	1	13
30cm x 30cm	11	1	14-15
40cm x 40cm	6	1	15.5-16.5

### Contact us :

#### Head Office

PT ARMAA CITIRAMAILLA Tbk  
Sistem Naga Park Indah Blok T2 No. 34  
Kembangan Selatan, Jakarta 12050  
Jakarta 14031  
Phone: +62 21 8930 2361  
Fax: +62 21 8930 2361  
E-mail: info@armaa.com  
Website: www.armaa.com

#### Sale Distributors

PT PRABAWA RAKA KERAMIK  
Sistem Naga Park Indah Blok T2 No. 34-37  
Kembangan Selatan, Jakarta 12050  
Phone: +62 21 8930 8118  
Fax: +62 21 8930 8008  
E-mail: info@prabawaraka.com

#### Factories

**PLANT I**  
PT ARMAA CITIRAMAILLA (KAM)  
J. Raya Pasar Kerdil  
Tangerang 15131, Banten  
Phone: +62 21 8930333 Fax: +62 21 8930688  
Email: info@ptm.armaa.com

**PLANT II**  
PT ARMAA ALUNGA KERAMIK (KAM)  
J. Raya Garuda, Desa Kalan Kua 01  
Cikidang, Serang, Banten  
Phone: +62 234 40345-47 Fax: +62 234 400064  
Email: info@alunga.armaa.com

**PLANT III**  
PT RUMAH KARGA DATA ARMAA (KAM)  
J. Wayan, Aranyu Raya, Kuta, Bali  
Jawa Timur  
Phone: +62 31 8932536 Fax: +62 31 8993579  
Email: info@rkd.armaa.com

## D. Brosur Dinding



# DINDING





### ◆ Plester D200

- Dipergunakan untuk pekerjaan plester dan pasangan bata.
- ketebalan aplikasi 8-10 mm
- Memiliki daya rekat dan workability yang baik.
- Daya sebar/zak  $\pm 2-2,5 \text{ m}^2/10\text{mm}$



40kg

### ◆ Acian dinding dan plester





30kg





30kg

### ◆ Acian S100

- Warna abu-abu muda
- Cocok untuk expose interior
- Dapat mengurangi terjadinya retak rambut
- Daya sebar/zak  $\pm 10-12 \text{ m}^2/2\text{mm}$

### ◆ Acian NP S450

- Warna cream
- Cat lebih hemat
- Dapat mengurangi terjadinya retak rambut
- Daya sebar/zak  $\pm 10-12 \text{ m}^2/2\text{mm}$
- 5-7 hari bisa langsung di cat

### Acian dinding plester dan beton

### ◆ SKIMCOAT S200

- Daya rekat tinggi untuk beton dengan permukaan licin
- Mengurangi retak
- Daya sebar/zak  $9-12 \text{ m}^2/30 \text{ kg}$



30kg

### ◆ SKIMKOT PUTIH S500

- Acian putih untuk ekspos dak beton (bagian dalam)
- Mengurangi retak
- Tanpa plamir dan cat dasar
- Menghemat cat
- Daya sebar/zak  $9-11 \text{ m}^2/20 \text{ kg}$



20kg

### ◆ Thinbed 101 TB101

- Perekat bata ringan dengan ketebalan spesi antara 2 - 3 mm
- Memiliki daya rekat yang baik
- Daya sebar/zak  $\pm 10-11 \text{ m}^2/3\text{mm}$  (40 kg) (ukuran blok  $20 \times 60 \times 10 \text{ cm}$ )
- Cepat dalam pengejaannya



40kg

Khusus Bata Ringan

### ◆ Plester Ringan 1.6 S150

Plester aci bata ringan dalam 1 aplikasi

- Plester aci bata ringan (one coat system) dengan ketebalan spesi antara 5 - 8 mm
- Plester lebih ringan
- Daya sebar/zak  $\pm 4,5-6,5 \text{ m}^2/5-8\text{mm}$  (50 kg) (ukuran blok  $20 \times 60 \times 10 \text{ cm}$ )
- Lebih cepat dan hemat dalam pekerjaan



50kg

### Produk lainnya

### ◆ Concrete Fill R200

Memperbaiki retak & celah plester

- Bahan perekat bonding dinding plester antara permukaan beton
- Sebagai bahan pengisi keropos pada beton, celah pada panel, dll.
- Tebal aplikasi 3-15 mm



25kg 40kg

### ◆ Beton

Beton instan siap pakai

- Tersedia K 175, K 225, K300



50kg

### ◆ Bonding Agent L007

Bonding untuk beton dan mortar



1L

www.drymix.co.id

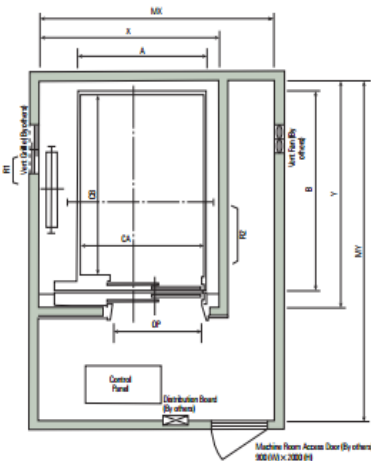
Mitsubishi Electric Standard							
Rated speed (m/sec)	Rated capacity (kg)	Maximum travel (m) /Th	Maximum number of stops	Minimum overhead (mm) CH	Minimum pit depth (mm) PH	Minimum machine room clear height (mm)	Minimum floor to floor height (mm)
1.0	450Capacity1600	60		TR500	TR500	TR500	
1.5	550Capacity1600	90	30	4500	1300		
1.75				4500	1410		
2.0	750Capacity1350	120 <sup>*)</sup>	36	4720	1850	1650	2200
	1350Capacity1600	90	30				
2.5	750Capacity1350	120 <sup>*)</sup>	36	4950	5050	1900	2000
	1350Capacity1600	90	30				

G. Brosur Beban Lift

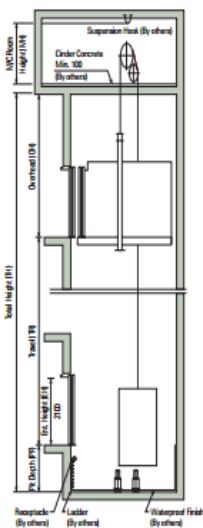
BED ELEVATORS

General Type (2S, 2SD)

Plan of Hoistway & Machine Room



Section of Hoistway



Overhead & Pit Depth

(Unit : mm)

Speed (m/sec)	Overhead (OH)	Pit (PP)	M/C Room Height (MH)
0.75	4300	1300	2400
1.0	4400	1400	
1.5	4600	1600	
1.75	4700	1800	

- ▲ Notes : 1. Machine Room temperature should be maintained below 40°C with ventilating fan and/or air conditioner, if necessary, and humidity below 90%.
2. In case of special hoistway, machine room height may be higher than above size.
3. Above is minimum size.
4. The minimum machine room height should be 2800mm in case of the traction machine with double isolation pad.

Standard Dimensions & Reactions

(Unit : mm)

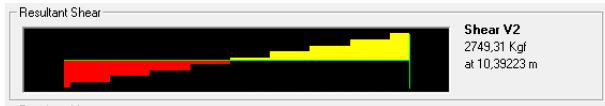
Type	Model	Clear Opening OP	Car		Hoistway X × Y	M/C Room MX × MY	Hitch Beam Reaction (kg)	
			Internal CA × CB	External A × B			R1	R2
Standard Type	B1350-2S	1100	1300 × 2300	1400 × 2507	2200 × 2850	2300 × 3500	10500	8500
	B1600-2S	1200	1500 × 2300	1600 × 2507	2400 × 2850	2750 × 4000	11500	9500
	B1750-2S	1200	1600 × 2300	1700 × 2507	2500 × 2850	2850 × 4000	10500	8500
Double Entrance Type	B1350-2SD	1100	1300 × 2300	1400 × 2634	2300 × 3000	2300 × 3500	10500	8500
	B1600-2SD	1200	1500 × 2300	1600 × 2634	2500 × 3000	2750 × 4000	11500	9500
	B1750-2SD	1200	1600 × 2300	1700 × 2634	2600 × 3000	2850 × 4000	10500	8500

## Revisi Perhitungan Sambungan Balok-Kolom

### Sambungan Balok-Kolom

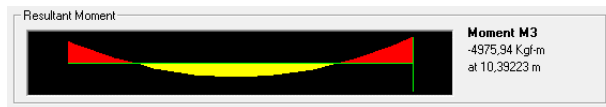
#### ➤ Output SAP

$$V_u = 2749,31 \text{ kg}$$



**Gambar 4. 108** Output SAP 2000 Gaya Geser Sambungan Balok-Kolom

$$M_u = 4975,94 \text{ kgm}$$



**Gambar 4. 109** Output SAP 2000 Momen Sambungan Balok-Kolom

#### ➤ Perhitungan Sambungan

##### 1. Perencanaan Sambungan Baut

###### - Data Perencanaan:

Tipe Baut	= A-325
F <sub>nt</sub>	= 620 MPa
F <sub>nv</sub>	= 373 MPa

*Bab 2.6.6 Tabel 2.28*

Diameter Baut	= 16 mm
Diameter Lubang	= 18 mm
Jumlah Baut	= 8
Mutu Pelat Sambung	= BJ-41
f <sub>y</sub>	= 250 MPa
f <sub>u</sub>	= 410 MPa
Tebal Pelat Sambung	= 10 mm
Tinggi Pelat Tambah	= 324 mm

###### - Kontrol Jarak Spasi Baut

Berdasarkan SNI 1729-2015 Pasal J3.3 dan J3.5a, dimana jarak spasi baut tidak boleh kurang dari  $2\frac{2}{3}db$  dan tidak boleh lebih dari 15tp namun tidak boleh melebihi 305 mm(untuk struktur yang dicat) Sehingga:

$$2\frac{2}{3}db \quad \text{mm} < S < 15 \text{ tp}$$

$$21,333 \text{ mm} < S < 150 \text{ mm}$$

Sehingga diambil nilai  $S = 75,6 \text{ mm}$

- Kontrol Jarak Tepi

Berdasarkan SNI 1729-2015 Tabel J3.4M, jarak tepi minimum untuk baut dengan diameter 16 adalah 22 mm. Dan berdasarkan Pasal J3.5 jarak maksimum dari pusat setiap baut ke tepi terdekat harus 12tp tetapi tidak boleh melebihi 150 mm

Sehingga :

$$22 \text{ mm} < S1 < 12 \text{ tp}$$

$$22 \text{ mm} < S1 < 120 \text{ mm}$$

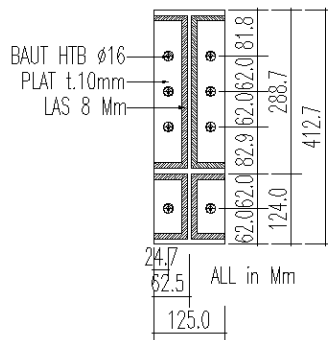
Diambil nilai  $S1 = 24,7 \text{ mm}$

a. Perhitungan Akibat Geser pada Baut

- Tinjauan terhadap Geser Baut

$$\phi R_n = F_{nv} \cdot A_b$$

*Bab 2.6.6 Persamaan 2.136*



$$\begin{aligned} A_b &= 0,25\pi D^2 \\ &= 0,25\pi(16)^2 \\ &= 210,062 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi R_n &= 0,75 (372)(210,062) \\ &= 74795,038 \text{ N}\end{aligned}$$

- Tinjauan terhadap Tumpu Baut

$$R_n = 1,2lc.t.Fu < 2,4d.t.Fu$$

sehingga:

$$1,2l_{c.t.Fu} = 1,2(75,6)(10)(410) = 371952,00 \text{ N}$$

$$2,4d.t.Fu = 2,4(16)(10)(410) = 157440,00 \text{ N}$$

Maka dipili  $R_n = 157440,00 \text{ N}$

Dari tinjauan terhadap geser dengan tinjauan terhadap tumpu diambil nilai  $R_n$  terkecil:

$$R_n = 74795,038 \text{ N}$$

$$\phi = 0,75$$

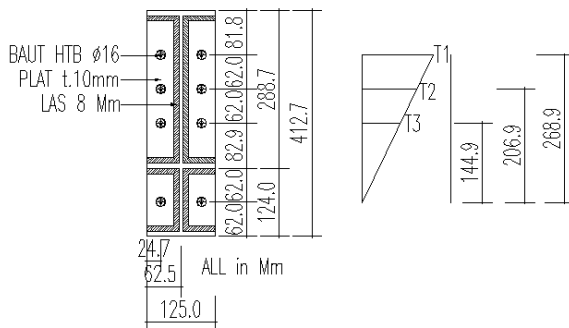
$$\phi R_n > V_u$$

$$0,75(74795,038 \text{ N}) > 27493,1 \text{ N}$$

$$56096,278 \text{ N} > 27493,1 \text{ N}$$

**(Memenuhi)**

### b. Perhitungan Akibat Gaya Momen



$$M_u = 49759400 \text{ Nmm}$$

- Mengitung Gaya tarik Akibat Momen

$$\begin{aligned}\Sigma d_n^2 &= 268,9^2 + 206,9^2 + 144,9^2 \\ &= 136110,8 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_1 &= M_u \cdot d_1 / \Sigma d_n^2 \\ &= (49759400)(268,9) / 136110,8 \\ &= 98304,467 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_2 &= M_u \cdot d_2 / \Sigma d_n^2 \\ &= (49759400)(206,9) / 136110,8 \\ &= 75638,506 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_3 &= M_u \cdot d_3 / \Sigma d_n^2 \\ &= (49759400)(144,9) / 136110,8 \\ &= 52972,545 \text{ N}\end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas maka nilai  $T_n$  yang dipakai adalah yang terbesar:

$$T_n = 98304,467 \text{ N}$$

- Kekuatan Tarik Baut Dihitung

$$\phi R_n = F_{nt} \cdot A_b$$

*Bab 2.6.6 Persamaan 2.137*

dimana:

$$\begin{aligned}A_b &= 0,25\pi D^2 \\ &= 0,25\pi(16)^2 \\ &= 201,062 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi R_n &= 0,75 (620)(201,062) \\ &= 124658,396 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi R_n &> T_u \\ 124658,396 \text{ N} &> 98304,467 \text{ N}\end{aligned}$$

**(Memenuhi)**



c. Kontrol Interaksi Geser + Tarik

$$\left( \frac{Vu}{\phi R_{nt}} \right)^2 + \left( \frac{Tu}{\phi R_{nt}} \right)^2 \leq 1,0$$

$$\left( \frac{27493,1}{56096,278} \right)^2 + \left( \frac{98304,467}{208706,400} \right)^2 \leq 1,0$$

$$0,462 \leq 1,0$$

(Memenuhi)

2. Perencanaan Sambungan Las Sudut

Apabila direncanakan :

Tebal pelat = 10 mm

Mutu logam pengisi = FE70xx

F<sub>exx</sub> = 490 MPa

Tebal minimum las = 5 mm

*Bab 2.6.6 Tabel 2.29*

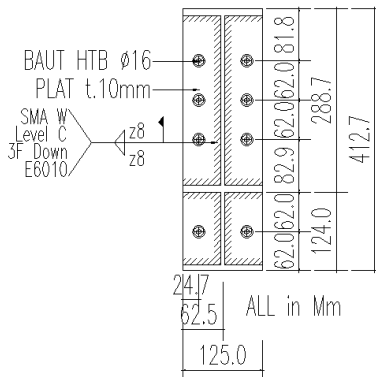
Tebal maksimum las = 10 – 2

= 8 mm

*Bab 2.6.6 Poin 1.d*

Diambil las pakai = 8 mm

Profil yang di las = WF 250.125.6.9



- Menghitung panjang las

Tebal pelat = 8 mm

Tebal efektif =  $0,707 \times 8 \text{ mm}$

$$= 5,656 \text{ mm}$$

$L_w$  direncanakan sebesar 200 mm

Menghitung luas efektif

$A_{we} = L_w \times \text{tebal efektif}$

$$= 200 \text{ mm} \times 5,656 \text{ mm}$$

$$= 1131,2 \text{ mm}^2$$

Tinjauan Ketahanan Las:

- Ketahanan terhadap Las

$$\phi R_n = \phi 0,6 F_{exx} A_{we}$$

$$= (0,75)(0,6)(490)(1131,2)$$

$$= 249429,600 \text{ N}$$

- Ketahanan terhadap Bahan Dasar

$$\phi R_n = \phi 0,6 F_u A_{we}$$

$$= (0,75)(0,6)(410)(1131,2)$$

$$= 208706,400 \text{ N}$$

Sehingga dipakai nilai  $\phi R_n$  terkecil yaitu:

$$\phi R_n = 208706,400 \text{ N}$$

Kontrol :

$$\phi R_n > V_u$$

$$208706,400 \text{ N} > 27493,100 \text{ N}$$

**(Memenuhi)**

## **BIODATA PENULIS**



Penulis lahir pada tanggal 15 bulan Juni tahun 1994 dan merupakan anak kelima dari enam bersaudara. Penulis bernama lengkap Moh. Safi'i Mansur ini merupakan lulusan dari SD Negeri 1 Grojogan, juga pernah bersekolah di SMP Negeri 6 Nganjuk, dan SMK Negeri 1 Nganjuk jurusan Teknik Gambar Bangunan. Selain itu, penulis juga pernah aktif dikegiatan kemahasiswaan selama dua tahun. Ditahun pertama dan kedua aktif sebagai staff Ristek HMDS ITS serta

kegiatan kepanitian seperti OC Gerigi. Penulis juga pernah mewakili ITS dalam berbagai lomba di bidang ketekniksipilan dan mendapat beberapa penghargaan sebagai juara 1 Lomba Gambar Teknik Nasional di Politeknik Negeri Malang tahun 2014, juara 1 Lomba Desain Perumahan di Universitas Jember tahun 2015, juara 3 dalam Lomba Desain Perumahan Nasional di Universitas Negeri Lampung tahun 2015 dan juara 1 Kompetisi Bangunan Gedung Indonesia (KBGI) di Politeknik Sriwijaya tahun 2016.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## **BIODATA PENULIS**



Penulis lahir pada tanggal 18 bulan April tahun 1995 dan merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis bernama lengkap Apriana Hanggara Dewi ini merupakan lulusan SD Negeri 1 Kampungdalem, juga pernah bersekolah di SMP Negeri 1 Tulungagung dan SMA Negeri 1 Kedungwaru. Setelah lulus SMA Negeri 1 Kedungwaru pada tahun 2014, Penulis terdaftar sebagai mahasiswa jurusan Diploma III Teknik Infrastruktur Sipil FV-ITS. Selama masa perkuliahan penulis pernah aktif dikegiatan organisasi yaitu menjadi staff departemen Media dan Informasi HMDS ITS periode 2015-2016. Penulis juga pernah mengikuti kegiatan kepanitiaan seperti KP Gerigi. Selain mengisi waktu dengan kegiatan akademik dan organisasi, di waktu senggangnya penulis sering menghabiskan waktu untuk membaca novel.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir Terapan ini dengan baik dan lancar. Tak lupa pula Nabi besar Muhammad SAW junjungan kita, semoga kita mendapatkan syafaatnya kelak diakhirat nanti. Tugas akhir terapan ini tidak bisa selesai dengan baik tanpa dukungan dari orang-orang yang turut serta membantu, baik berupa bimbingan, dorongan maupun berupa doa. Penulis menyampaikan terima kasih ini kepada:

1. Orang tua dan keluarga yang selalu mendukung kami mulai dari doa yang tiada henti-hentinya.
2. Bapak Raden Buyung Anugraha Affandhie, ST.,MT selaku dosen pembimbing yang selalu membimbing kami dalam menyelesaikan tugas akhir terapan ini.
3. Bapak Afif Navir Refani, ST.,MT selaku dosen pembimbing yang selalu membimbing kami dalam menyelesaikan tugas akhir terapan ini.
4. Sahabat-sahabat yang saya sayangi, yaitu Maya, Vara, Zahroh, Cima, dan Lope yang sangat membantu, memberi semangat, dan menemani saya disegala kondisi dari awal masuk ITS hingga sekarang.
5. Sobat- sobat kecil yang saya cintai, yaitu Mix, Diky, Asep, Ramly, dan Baron yang mendukung, memberi semangat selama pengerjaan tugas akhir ini. Di tunggu touringnya sob !!
6. Teman-teman gebee semoga kita selalu dilancarkan segala urusan dunia dan akhirat.
7. Partner KBGI Hisyam dan Ifud yang telah memberikan pengalaman berharga selama berkuliah di ITS.
8. Teman-teman bangunan gedung 2014 (Anak Struktur), semoga kita selalu kompak dan dilancarkan dalam semua urusan kita menuju keberhasilan.
9. Teman-teman angkatan 2014 (DS35) atas dukungan serta doanya.





TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 145501

## PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PERKULIAHAN DI SURABAYA DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

Mahasiswa

MOH. SAFI'I MANSUR  
3114030073

APRIANA HANGGARA DEWI  
3114030068

Dosen Pembimbing

RADEN BUYUNG ANUGRAHA AFFANDHIE, ST.,MT.  
NIP. 19740203 200212 1 002

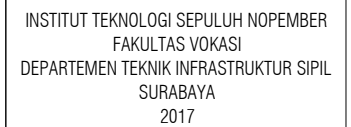
AFIF NAVIR REFANI, ST.,MT.  
NIP. 19840919 201504 1 001

PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017

DAFTAR GAMBAR

KODE	JUDUL GAMBAR	SKALA
GAMBAR ARSITEKTUR		
A.1 00.01	DAFTAR GAMBAR	NTS
A.1 00.01	LAYOUT PLAN	1 : 800
A.1 01.01	DENAH LANTAI-01	1 : 150
A.2 02.01	DENAH LANTAI-02	1 : 150
A.2 03.01	DENAH LANTAI-03	1 : 150
A.2 04.01	DENAH LANTAI-04	1 : 150
A.2 05.01	DENAH LANTAI-05	1 : 150
A.2 06.01	DENAH LANTAI-06	1 : 150
A.3 07.01	TAMPAK DEPAN	1 : 175
A.3 08.01	TAMPAK BELAKANG	1 : 175
A.3 09.01	TAMPAK SAMPING KANAN	1 : 175
A.3 09.02	TAMPAK SAMPING KIRI	1 : 175
A.4 10.01	POTONGAN A-A	1 : 175
A.4 11.01	POTONGAN B-B	1 : 175
A.4 12.01	POTONGAN C-C	1 : 175
A.4 13.01	POTONGAN D-D	1 : 175
GAMBAR STUKTUR		
S.0 14.01	STANDART PEKERJAAN STRUKTUR	NTS
S.0 15.01	STANDART PEKERJAAN STRUKTUR	NTS
S.0 16.01	STANDART PEKERJAAN STRUKTUR	NTS
S.0 17.01	STANDART PEKERJAAN STRUKTUR	NTS
S.0 18.01	STANDART PEKERJAAN STRUKTUR	NTS
S.1 19.01	RENCANA KOLOM ELV. -1.45 s/d ELV. +12.55	1 : 150
S.1 20.01	RENCANA KOLOM ELV. +12.55 s/d ELV. +20.95	1 : 150

KODE	JUDUL GAMBAR	SKALA
GAMBAR STUKTUR		
S.1 21.01	RENCANA KOLOM ELV. +20.95 s/d ELV. +25.20	1 : 150
S.1 22.01	RENCANA KOLOM ELV. +25.20 s/d ELV. +28.20	1 : 150
S.2 23.01	RENCANA SLOOF ELV. -1.00	1 : 150
S.3 24.01	RENCANA BALOK ELV. +4.15	1 : 150
S.3 25.01	RENCANA BALOK ELV. +8.35	1 : 150
S.3 26.01	RENCANA BALOK ELV. +12.55	1 : 150
S.3 27.01	RENCANA BALOK ELV. +16.75	1 : 150
S.3 28.01	RENCANA BALOK ELV. +20.95	1 : 150
S.3 29.01	RENCANA BALOK ELV. +25.20	1 : 150
S.3 30.01	RENCANA BALOK ELV. +28.20	1 : 150
S.4 31.01	DETAIL PENULANGAN BALOK	1 : 10
S.4 32.01	DETAIL PENULANGAN BALOK & SLOOF	1 : 10
S.4 33.01	DETAIL PENULANGAN KOLOM	1 : 10
S.5 34.01	RENCANA PLAT ELV. +4.15 s/d ELV. +12.55	1 : 150
S.5 35.01	RENCANA PLAT ELV. +16.75 s/d ELV.+20.95	1 : 150
S.5 36.01	RENCANA PLAT ELV. +25.20	1 : 150
S.5 37.01	RENCANA PLAT ELV. +28.20	1 : 150
S.6 38.01	DETAIL TIPE PLAT	1 : 50
S.6 39.01	DETAIL TIPE PLAT	1 : 50
S.7 40.01	POTONGAN PORTAL AS E	1 : 50
S.7 41.01	POTONGAN PORTAL AS 1	1 : 50
S.8 42.01	RENCANA ATAP	1 : 150
S.8 43.01	KUDA-KUDA K1	1 : 40
S.9 44.01	DETAIL TANGGA	1 : 40



TUGAS AKHIR TERAPAN  
(RC 145501)

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH  
(SRPMM)

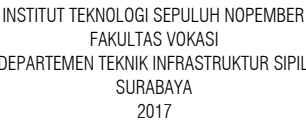
KETERANGAN

MOH. SAFI'I MANSUR	3114030073
APRIANA HANGGARA DEWI	3114030068

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

1:800

HAK CIPTA :  
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA. DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.



TUGAS AKHIR TERAPAN  
(RC 145501)

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH  
(SRPMM)

JL. SUTOREJO NO. 59 - SURABAYA

RADEN BUYUNG ANUGRAHA AFFANDHIE, ST.,MT.  
NIP. 19740203 200212 1 002

AFIF NAVIR REFANI, ST.,MT.  
NIP. 19840919 201504 1 001

MOH. SAFI'I MANSUR	3114030073
APRIANA HANGGARA DEWI	3114030068

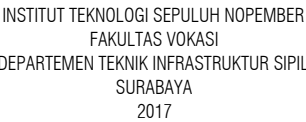
GEDUNG PERKULIAHAN

JUDUL GAMBAR	SKALA
DENAH LANTAI-01	1:150

DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
TGL. 22 JUNI 2017	A.2	01

HAK CIPTA :  
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.  
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.





TUGAS AKHIR TERAPAN  
(RC 145501)

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH  
(SRPMM)

JL. SUTOREJO NO. 59 - SURABAYA

RADEN BUYUNG ANUGRAHA AFFANDHIE, ST.,MT.  
NIP. 19740203 200212 1 002

AFIF NAVIR REFANI, ST.,MT.  
NIP. 19840919 201504 1 001

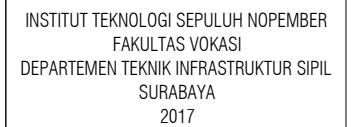
MOH. SAFI'I MANSUR	3114030073
APRIANA HANGGARA DEWI	3114030068

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

1:150

02

HAK CIPTA :  
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNG OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.  
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.



TUGAS AKHIR TERAPAN  
(RC 145501)

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH  
(SRPMM)

JL. SUTOREJO NO. 59 - SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING 1

RADEN BUYUNG ANUGRAHA AFFANDHIE, ST.,MT.  
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN PEMBIMBING 2

AFIF NAVIR REFANI, ST.,MT.  
NIP. 19840919 201504 1 001

MAHASISWA

MOH. SAFI'I MANSUR	3114030073
APRIANA HANGGARA DEWI	3114030068

[illegible]

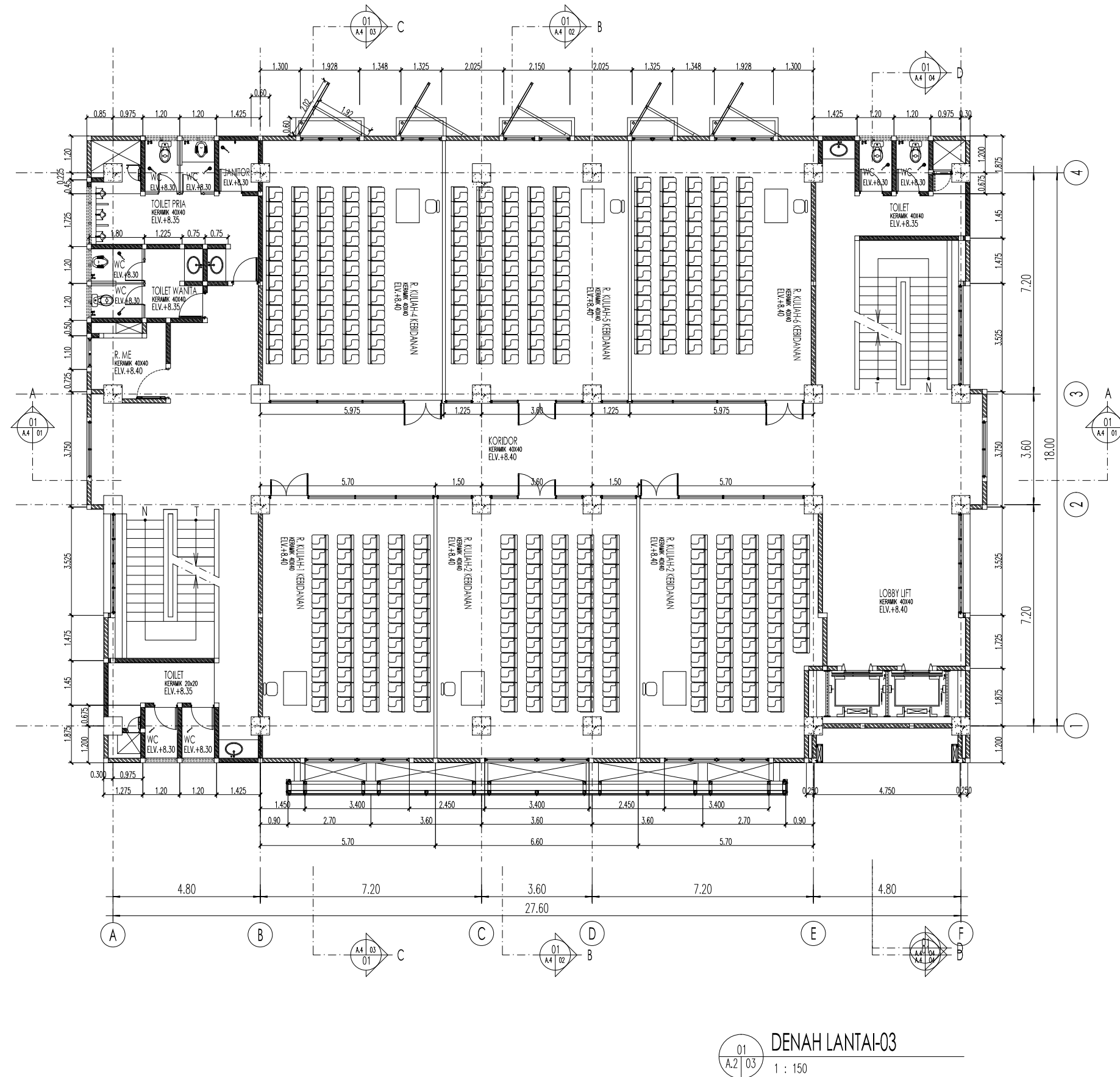
SUB KAWASAN/ BANGUNAN

GEDUNG PERKULIAHAN

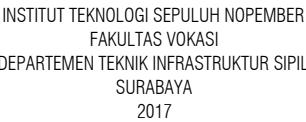
JUDUL GAMBAR	SKALA
DENAH LANTAI-03	1:150

DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
TGL. 22 JUNI 2017	A.2	03

HAK CIPTA :  
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.  
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.







TUGAS AKHIR TERAPAN  
(RC 145501)

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH  
(SRPMM)

JL. SUTOREJO NO. 59 - SURABAYA

RADEN BUYUNG ANUGRAHA AFFANDHIE, ST.,MT.  
NIP. 19740203 200212 1 002

AFIF NAVIR REFANI, ST.,MT.  
NIP. 19840919 201504 1 001

MOH. SAFI'I MANSUR	3114030073
APRIANA HANGGARA DEWI	3114030068

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

SKALA

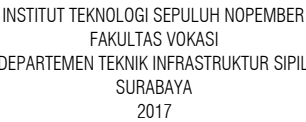
1:150

NO. LBF

04

HAK CIPTA :  
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNG OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.  
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.





TUGAS AKHIR TERAPAN  
(RC 145501)

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH  
(SRPMM)

JL. SUTOREJO NO. 59 - SURABAYA

RADEN BUYUNG ANUGRAHA AFFANDHIE, ST.,MT  
NIP. 19740203 200212 1 002

AFIF NAVIR REFANI, ST.,MT.  
NIP. 19840919 201504 1 001

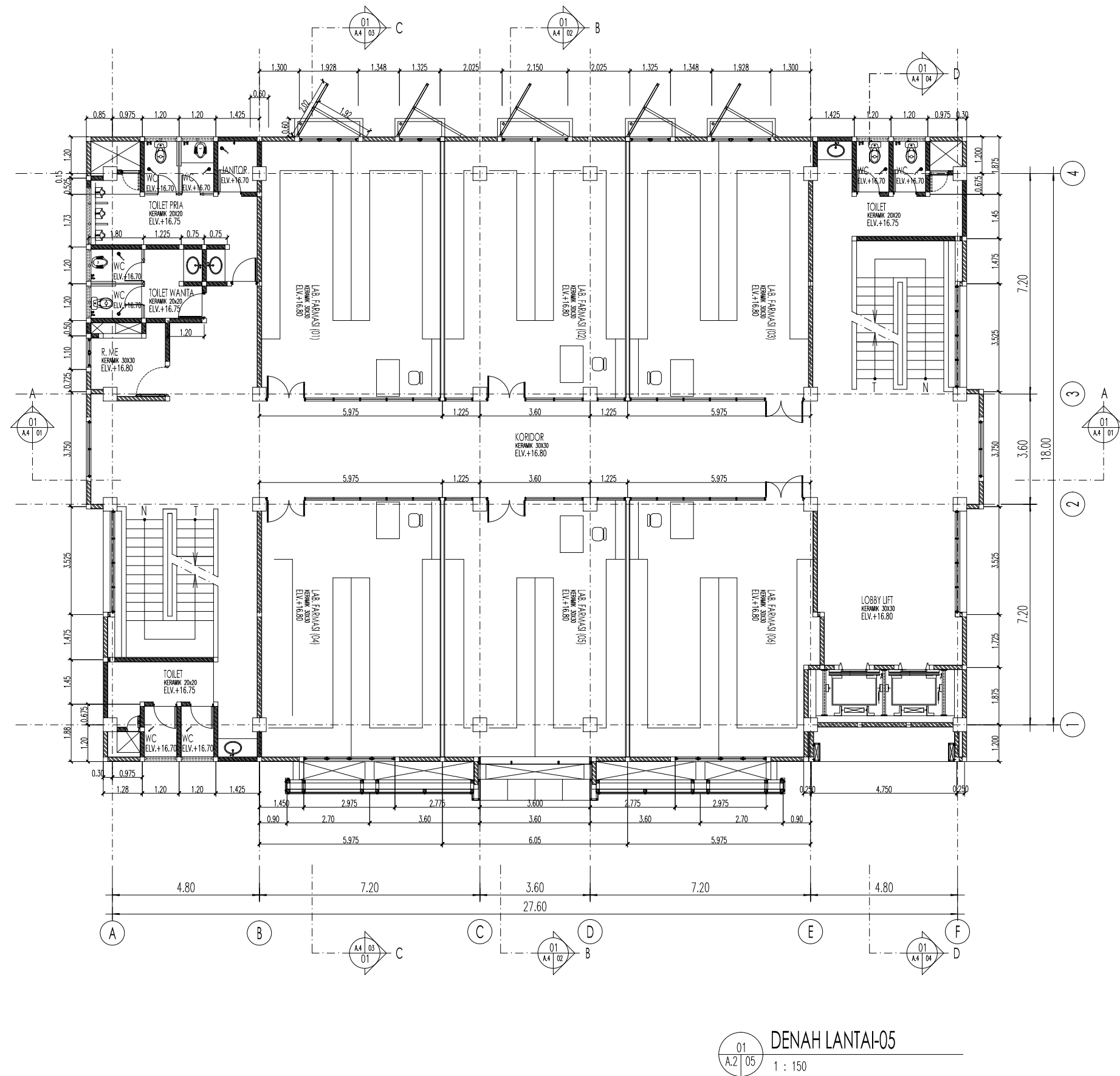
MOH. SAFI'I MANSUR	3114030073
APRIANA HANGGARA DEWI	3114030068

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

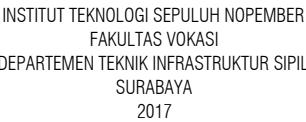
## GEDUNG PERKULIAHAN

DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
TGL. 22 JUNI 2017	A.2	05

HAK CIPTA :  
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.  
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.







TUGAS AKHIR TERAPAN  
(RC 145501)

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH  
(SRPMM)

JL. SUTOREJO NO. 59 - SURABAYA

RADEN BUYUNG ANUGRAHA AFFANDHIE, ST.,MT  
NIP. 19740203 200212 1 002

AFIF NAVIR REFANI, ST.,MT.  
NIP. 19840919 201504 1 001

MOH. SAFI'I MANSUR	3114030073
APRIANA HANGGARA DEWI	3114030068

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

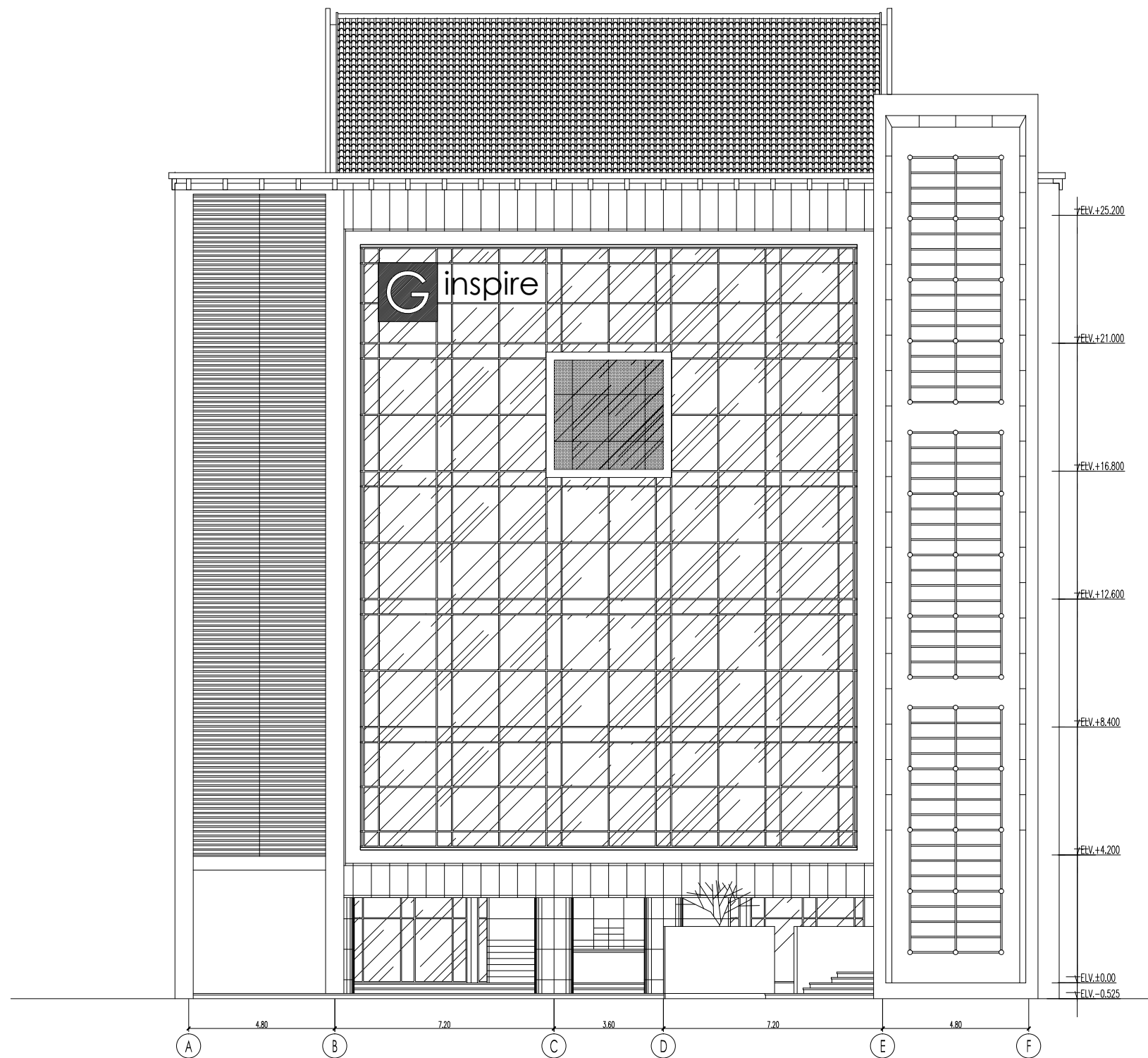
SKALA

1:150

NO. LBF

06

HAK CIPTA :  
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.  
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.



TAMPAK DEPAN  
1 : 175



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
SURABAYA  
2017

MATA KULIAH  
TUGAS AKHIR TERAPAN  
(RC 145501)  
JUDUL PROYEK  
PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH  
(SRPMM)  
LOKASI  
JL. SUTOREJO NO. 59 - SURABAYA  
KETERANGAN

DOSEN PEMBIMBING 1  
RADEN BUYUNG ANUGRAHA AFFANDHIE, ST.,MT.  
NIP. 19740203 200212 1 002  
DOSEN PEMBIMBING 2  
AFIF NAVIR REFANI, ST.,MT.  
NIP. 19840919 201504 1 001  
MAHASISWA  
MOH. SAFI'I MANSUR 3114030073  
APRIANA HANGGARA DEWI 3114030068

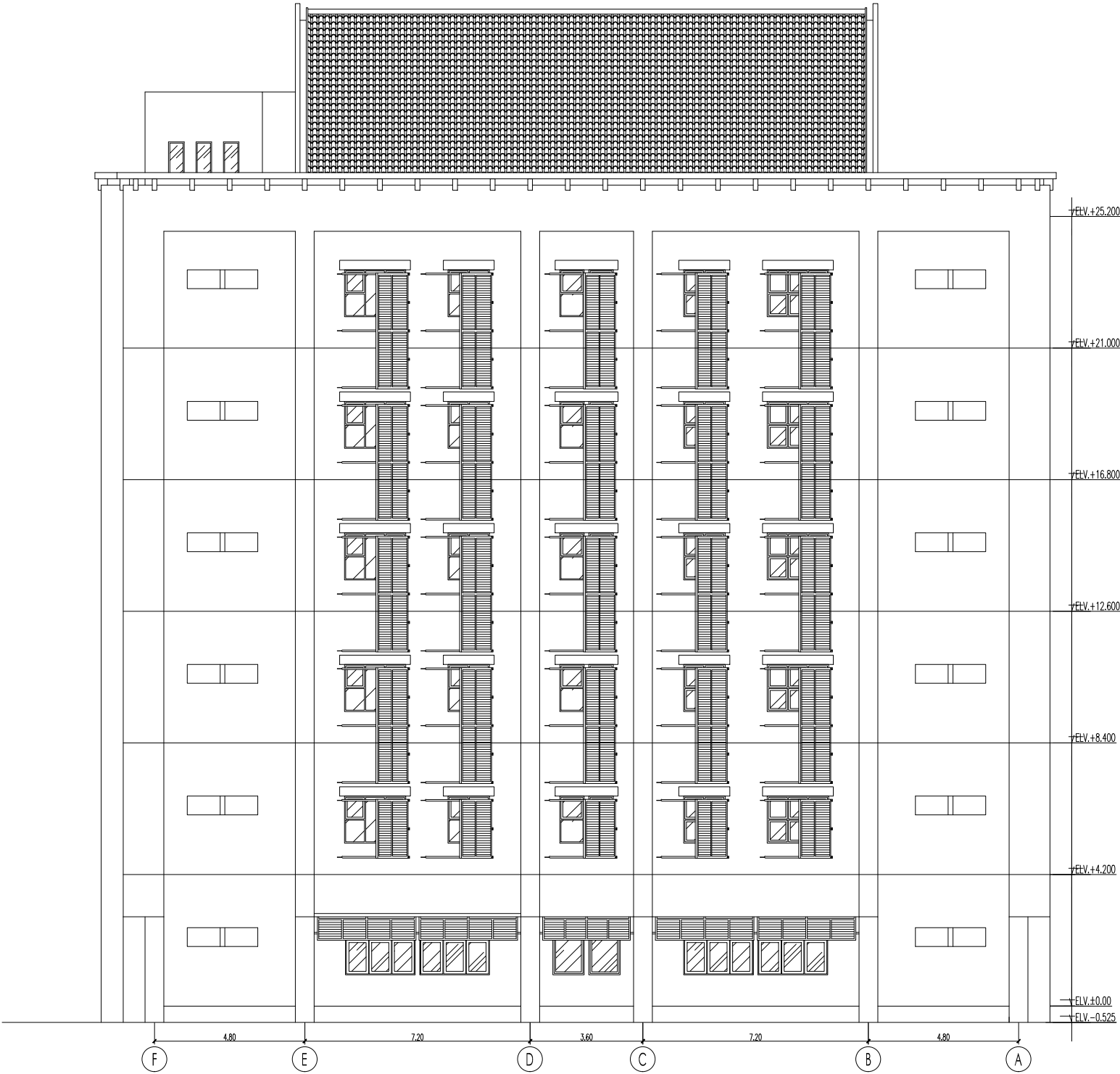
NO.	KETERANGAN REVISI	TANGGAL

SUB KAWASAN/ BANGUNAN  
GEDUNG PERKULIAHAN

JUDUL GAMBAR	SKALA
TAMPAK DEPAN	1:175

DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
TGL. 22 JUNI 2017	A.3	07

HAK CIPTA :  
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK  
MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.  
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA  
IZIN TERTULIS.



01  
A.3 02

TAMPAK BELAKANG

1 : 175



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
SURABAYA  
2017

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN  
(RC 145501)

JUDUL PROYEK

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH  
(SRPMM)

LOKASI

JL. SUTOREJO NO. 59 - SURABAYA

KETERANGAN

DOSEN PEMBIMBING 1

RADEN BUYUNG ANUGRAHA AFFANDHIE, ST.,MT.  
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN PEMBIMBING 2

AFIF NAVIR REFANI, ST.,MT.  
NIP. 19840919 201504 1 001

MAHASISWA

MOH. SAFI'I MANSUR 3114030073  
APRIANA HANGGARA DEWI 3114030068

NO.	KETERANGAN REVISI	TANGGAL

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

GEDUNG PERKULIAHAN

JUDUL GAMBAR	SKALA
TAMPAK BELAKANG	1:175

DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
TGL. 22 JUNI 2017	A.3	08

HAK CIPTA :  
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK  
MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.  
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA  
IZIN TERTULIS.



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
SURABAYA  
2017

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN  
(RC 145501)

JUDUL PROYEK

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

LOKASI

JL. SUTOREJO NO. 59 - SURABAYA

KETERANGAN

DOSEN PEMBIMBING 1

RADEN BUYUNG ANUGRAHA AFFANDHIE, ST.,MT.  
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN PEMBIMBING 2

AFIF NAVIR REFANI, ST.,MT.  
NIP. 19840919 201504 1 001

MAHASISWA

MOH. SAFI'I MANSUR 3114030073  
APRIANA HANGGARA DEWI 3114030068

NO.	KETERANGAN REVISI	TANGGAL

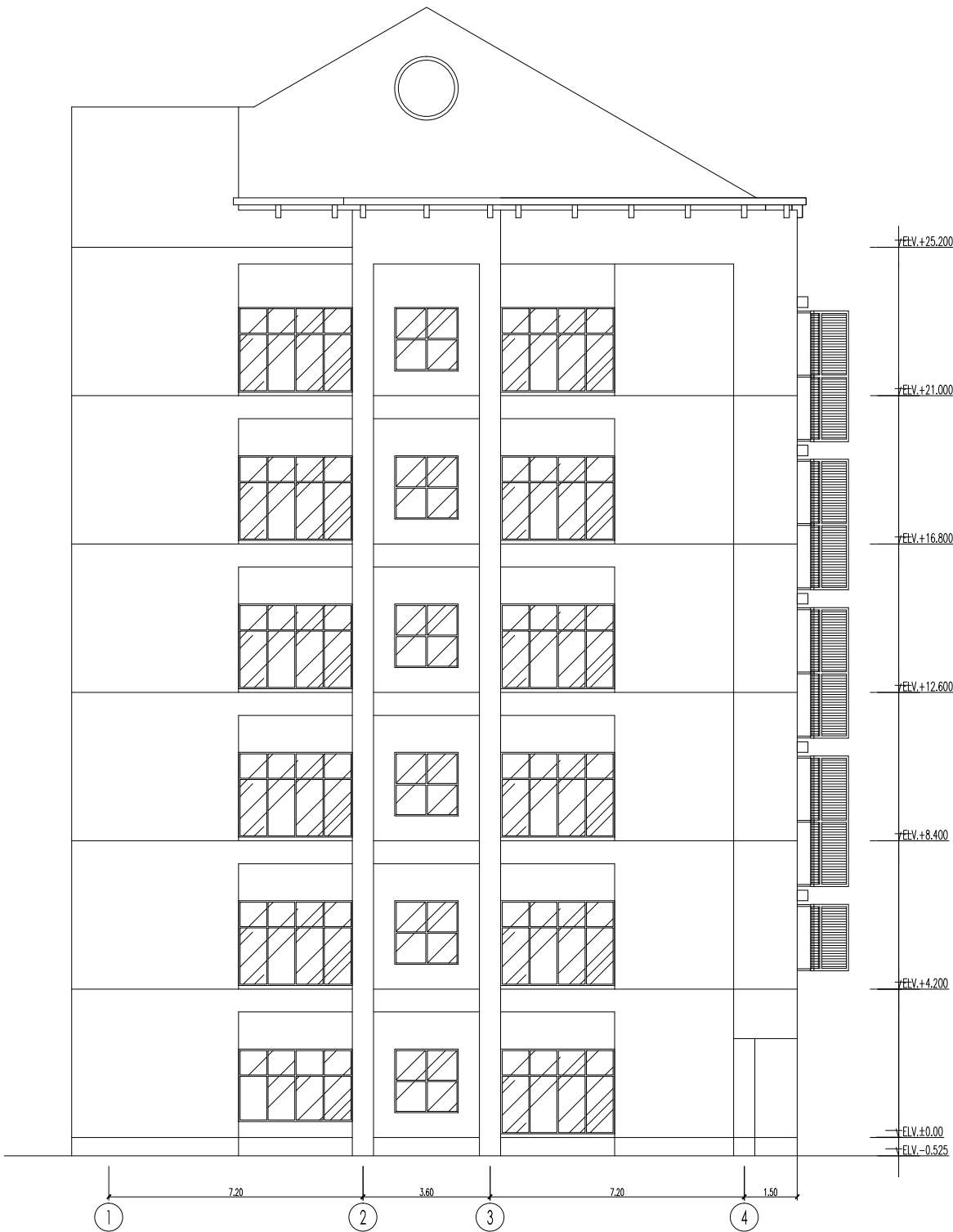
SUB KAWASAN/ BANGUNAN

GEDUNG PERKULIAHAN

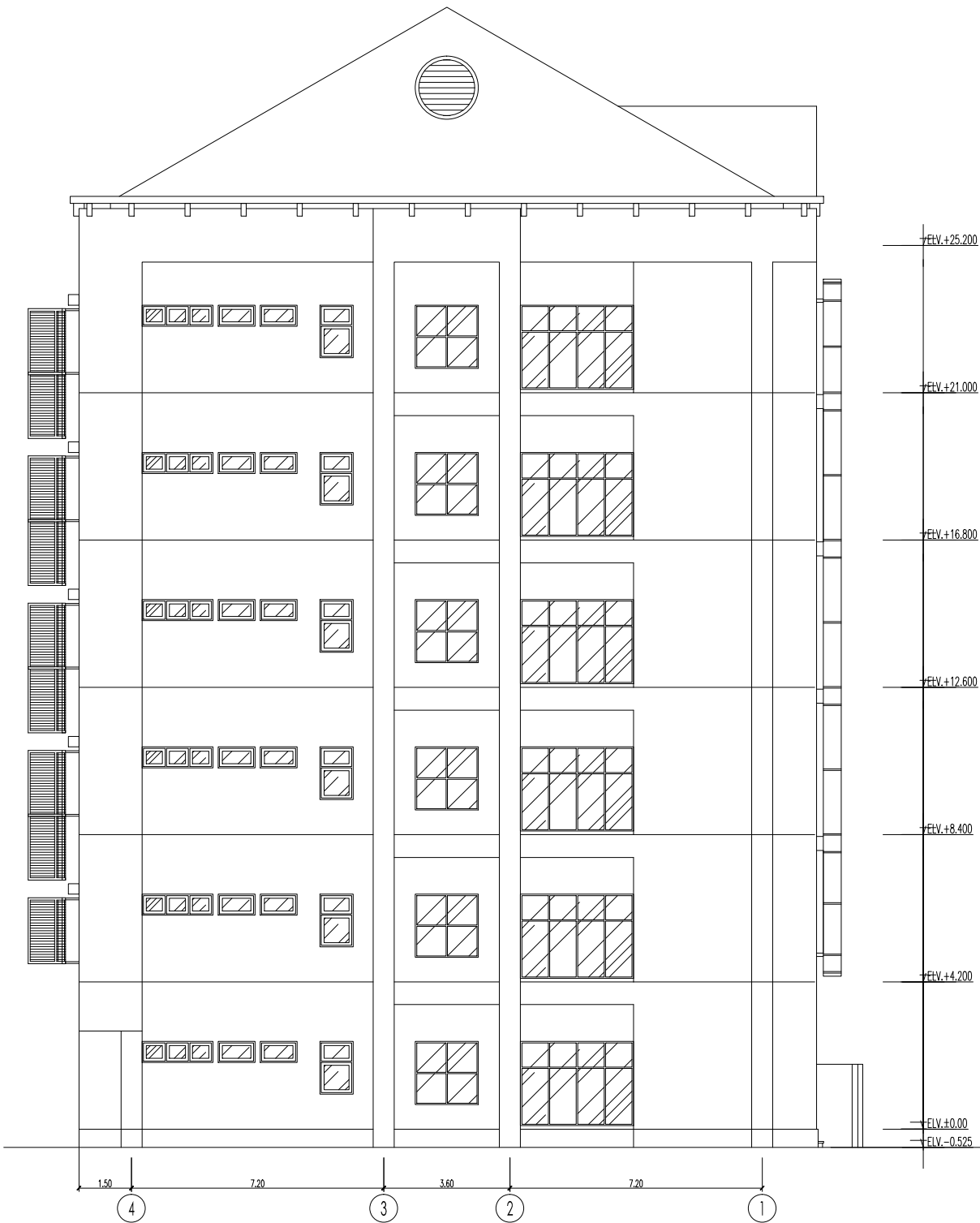
JUDUL GAMBAR	SKALA
TAMPAK SAMPING KANAN	1:175
TAMPAK SAMPING KIRI	1:175

DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
TGL. 22 JUNI 2017	A.3	09

HAK CIPTA :  
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK  
MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.  
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA  
IZIN TERTULIS.



01  
A.3 | 03  
TAMPAK SAMPING KANAN  
1 : 175



02  
A.3 | 03  
TAMPAK SAMPING KIRI  
1 : 175



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
SURABAYA  
2017

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN  
(RC 145501)

JUDUL PROYEK

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH  
(SRPMM)

LOKASI

JL. SUTOREJO NO. 59 - SURABAYA

KETERANGAN

DOSEN PEMBIMBING 1

RADEN BUYUNG ANUGRAHA AFFANDHIE, ST.,MT.  
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN PEMBIMBING 2

AFIF NAVIR REFANI, ST.,MT.  
NIP. 19840919 201504 1 001

MAHASISWA

MOH. SAFI'I MANSUR 3114030073  
APRIANA HANGGARA DEWI 3114030068

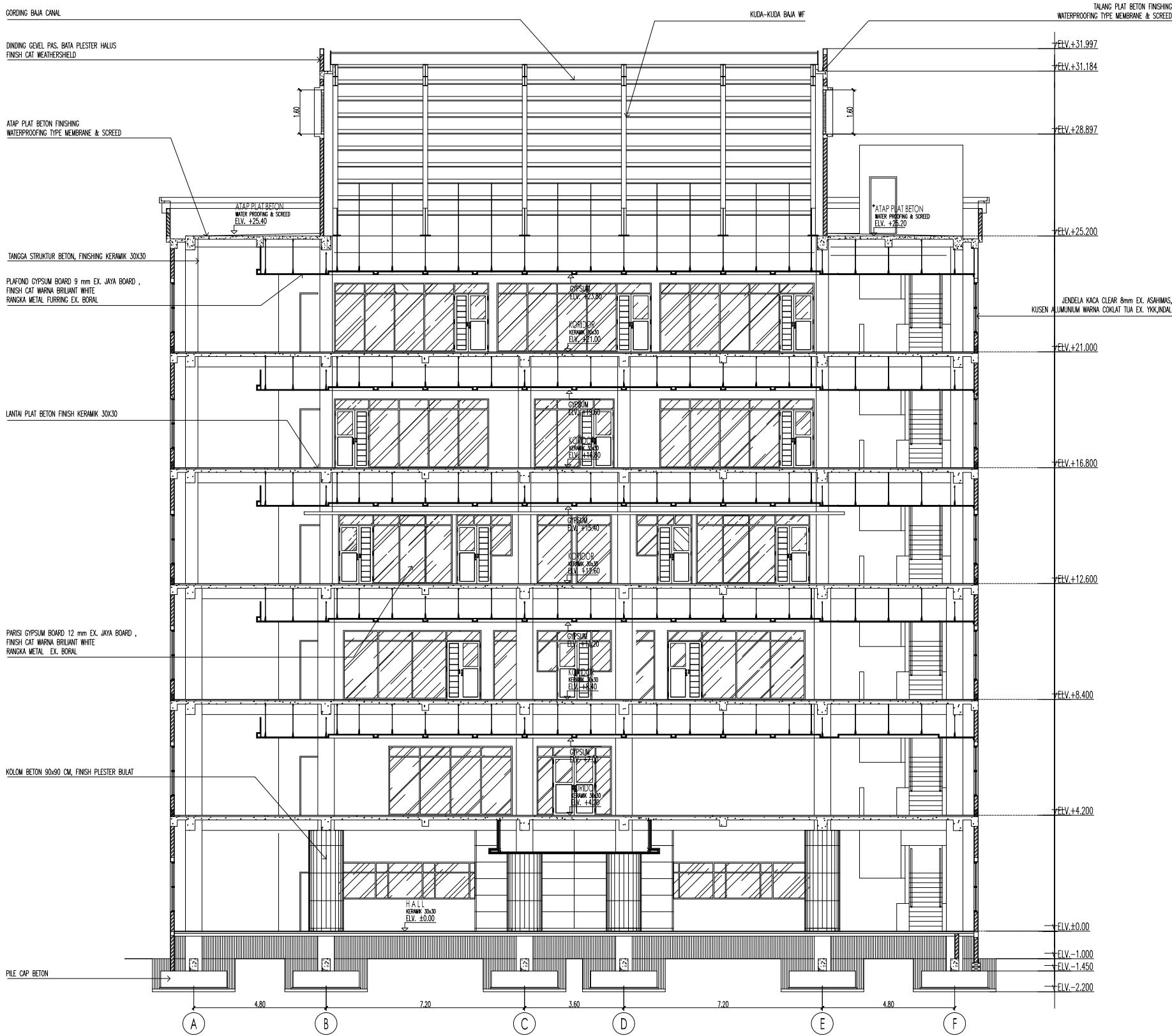
NO.	KETERANGAN REVISI	TANGGAL

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

GEDUNG PERKULIAHAN

JUDUL GAMBAR	SKALA	
POTONGAN A-A	1:175	
DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
	A.4	10
TGL. 22 JUNI 2017		

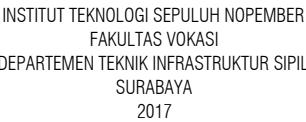
HAK CIPTA :  
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK  
MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.  
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA  
IZIN TERTULIS.



01 POTONGAN A-A  
A.4 01 1 : 175







TUGAS AKHIR TERAPAN  
(RC 145501)

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH  
(SRPMM)

JL. SUTOREJO NO. 59 - SURABAYA

RADEN BUYUNG ANUGRAHA AFFANDHIE, ST.,MT.  
NIP. 19740203 200212 1 002

AFIF NAVIR REFANI, ST.,MT.  
NIP. 19840919 201504 1 001

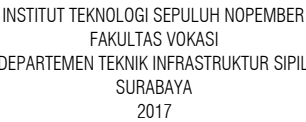
MOH. SAFI'I MANSUR	3114030073
APRIANA HANGGARA DEWI	3114030068

GEDUNG PERKULIAHAN

DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
TGL. 22 JUNI 2017	A.4	12

HAK CIPTA :  
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.  
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.





TUGAS AKHIR TERAPAN  
(RC 145501)

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH  
(SRPMM)

JL. SUTOREJO NO. 59 - SURABAYA

RADEN BUYUNG ANUGRAHA AFFANDHIE, ST.,MT.  
NIP. 19740203 200212 1 002

AFIF NAVIR REFANI, ST.,MT.  
NIP. 19840919 201504 1 001

MOH. SAFI'I MANSUR	3114030073
APRIANA HANGGARA DEWI	3114030068

GEDUNG PERKULIAHAN

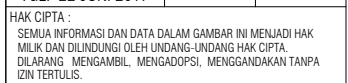
DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBP
TGL. 22 JUNI 2017	A.4	13

HAK CIPTA :  
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.  
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.





## TULANGAN TAMBAHAN UNTUK BUKAAN



**DIATAS**

**DIBAWAH**

**TABEL DIATAS**

B ( mm )	TUL. ATAS	SENGKANG
B < 300	2 D 16	D10 ~ 250
300 < B < 500	3 D 19	D10 ~ 250
500 < B	3 D 19	D10 ~ 250

**TABEL DIBAWAH**

B ( mm )	TUL. ATAS	SENGKANG
B < 300	2 D 19	D13 ~ 200
300 < B < 500	3 D 19	D13 ~ 200
500 < B	4 D 19	D13 ~ 200

MATA KULIAH

### JUDUL PROYEK

## LOKASI

ETERANGAN

DOSEN PEMBIMBING 2

MAHASISWA

[illegible]

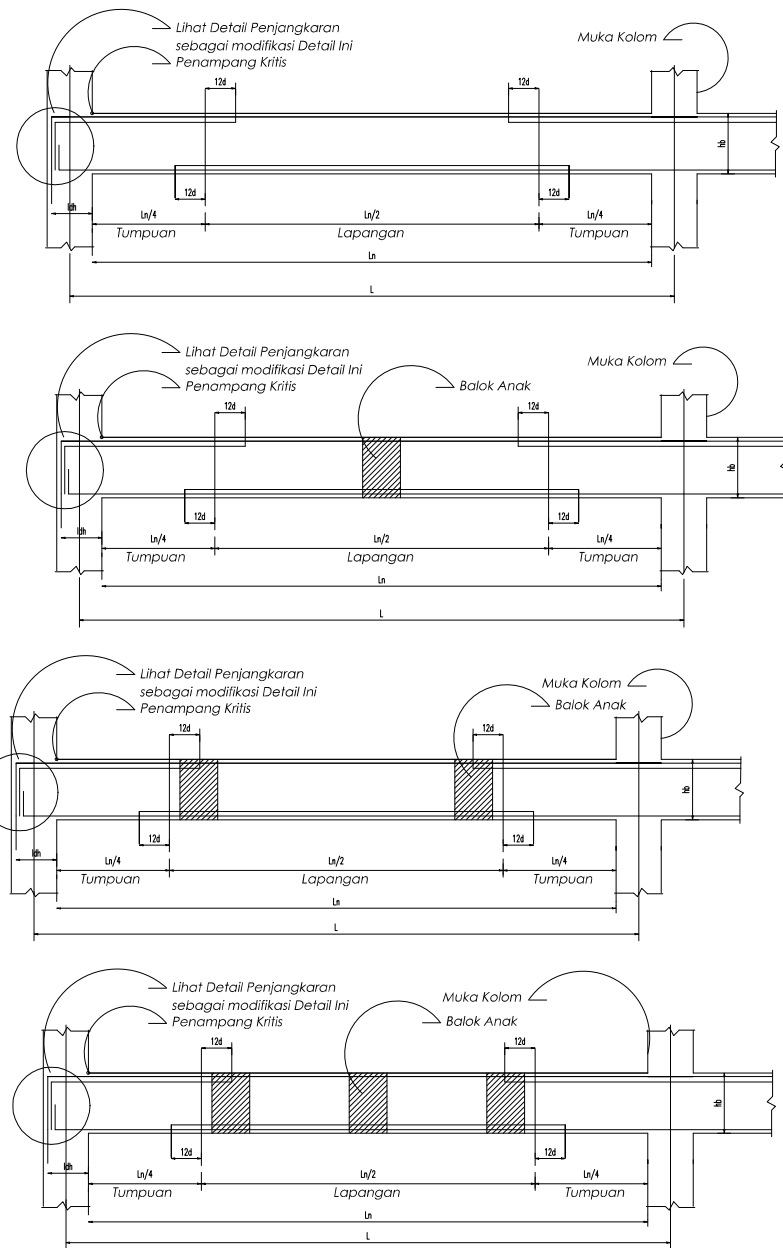
SUB KAWASAN/ BANGUNAN

JUDUL GAMBAR	SKALA
STANDART PEK. STRUKTUR	NTS

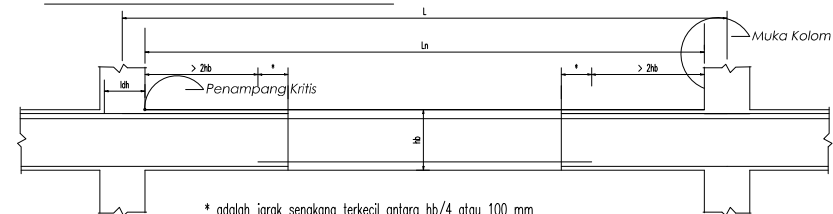
DOKUMEN	KODE	NO. LBR
GAMBAR KERJA	S.0	15
TGL. 22 JUNI 2017		

HAK CIPTA :  
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA. DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.

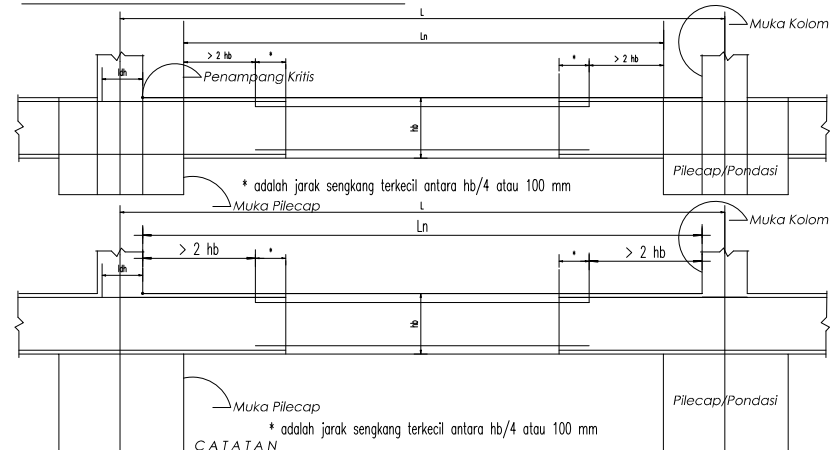
## PEMUTUSAN TULANGAN UNTUK BALOK PONDASI



## 1. TULANGAN BALOK UMUM



## 1. TULANGAN BALOK PONDASI



1. Jika letak sambungan berbeda dari detail standar ini dan / atau tidak sesuai dengan gambar rencana, maka segala perubahan harus melalui persetujuan perencana.
2. Letak sambungan harus seperti Tabel dibawah ini :

LETAk TULANGAN	LOKASI SAMBUNGAN
TULANGAN ATAS	DI DALAM DAERAH $L_n/2$
TULANGAN BAWAH	DI DALAM DAERAH $L_n/4$

# DETAIL STANDART UNTUK PEKERJAAN STRUKTUR



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
SURABAYA  
2017

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN  
(RC 145501)

JUDUL PROYEK

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH  
(SRPMM)

LOKASI

JL. SUTOREJO NO. 59 - SURABAYA

KETERANGAN

DOSEN PEMBIMBING 1

RADEN BUYUNG ANUGRAHA AFFANDHIE, ST.,MT.  
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN PEMBIMBING 2

AFIF NAVIR REFANI, ST.,MT.  
NIP. 19840919 201504 1 001

MAHASISWA

MOH. SAFI'I MANSUR 3114030073  
APRIANA HANGGARA DEWI 3114030068

NO.	KETERANGAN REVISI	TANGGAL

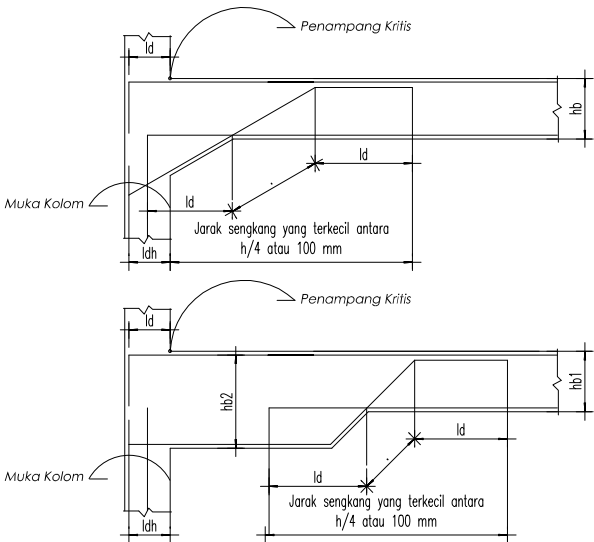
SUB KAWASAN/ BANGUNAN

GEDUNG PERKULIAHAN

JUDUL GAMBAR	SKALA	
STANDART PEK. STRUKTUR	NTS	
DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
	S.0	16
TGL. 22 JUNI 2017		

HAK CIPTA :  
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK  
MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.  
DILARANG MENGAMBIL, MENGADAPSI, MENGGANDAKAN TANPA  
IZIN TERTULIS.

## SAMBUNGAN LEWATAN UNTUK TULANGAN BALOK VOUTE

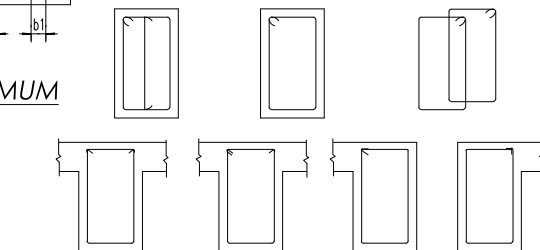


## JARAK TULANGAN UTAMA

### DETAIL SENKANG BALOK

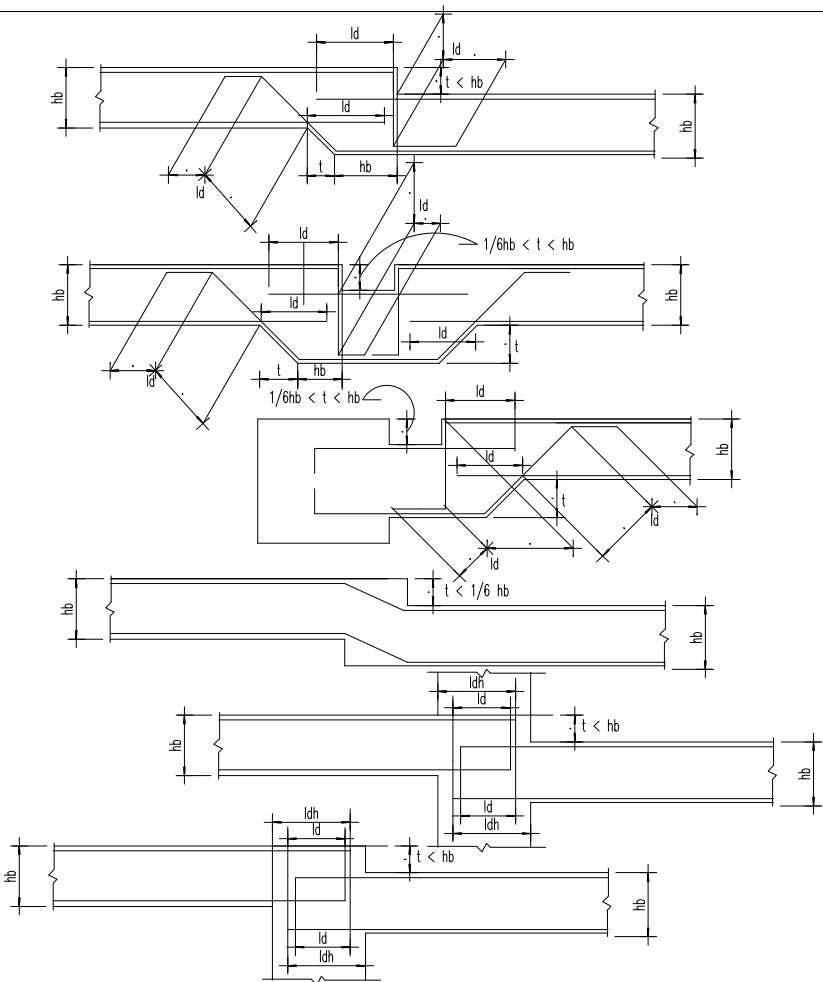
- Jarak bersih antar tulangan :  
- Yang terbesar antara :  
 $b1 > db$   $b2 > 25 \text{ mm}$   
 $> 25 \text{ mm}$
- Bila diperlukan dua buah sengkang  
dapat digunakan dalam satu penampang

UMUM



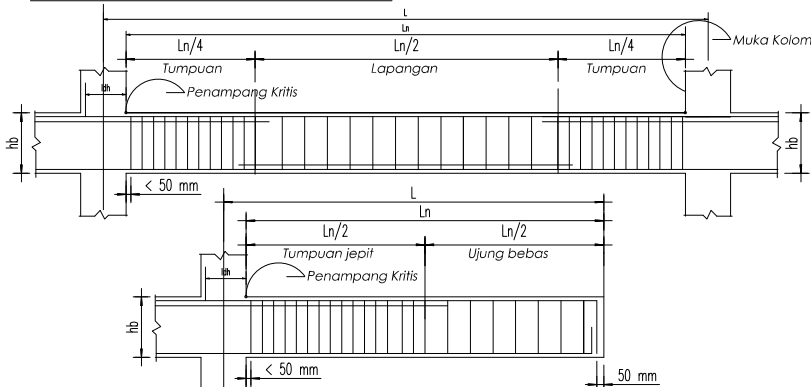
ALTERNATIF UNTUK KONDISI PLAT DIATAS BALOK

## BALOK DENGAN ELEVASI ATAU SUMBU YANG BERBEDA

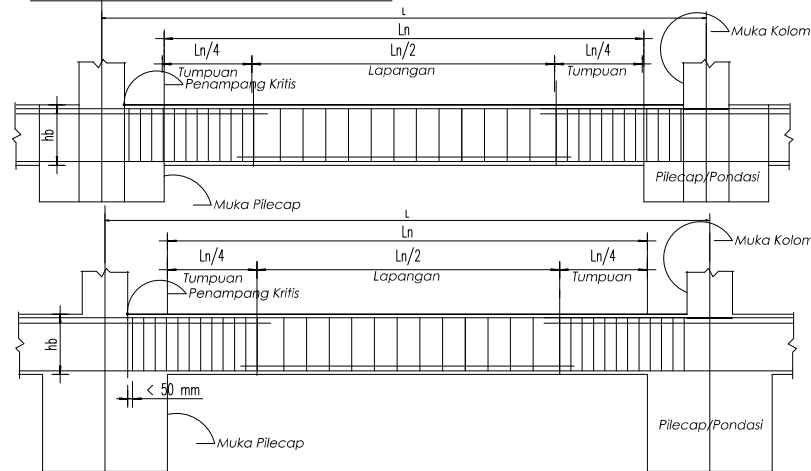


## PENGATURAN SENKANG UNTUK BALOK

### 1. SENKANG BALOK UMUM



### 1. SENKANG BALOK UMUM





# DETAIL STANDART UNTUK PEKERJAAN STRUKTUR



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
SURABAYA  
2017

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN  
(RC 145501)

JUDUL PROYEK

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH  
(SRPMM)

LOKASI

JL. SUTOREJO NO. 59 - SURABAYA

KETERANGAN

DOSEN PEMBIMBING 1

RADEN BUYUNG ANUGRAHA AFFANDHIE, ST.,MT.  
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN PEMBIMBING 2

AFIF NAVIR REFANI, ST.,MT.  
NIP. 19840919 201504 1 001

MAHASISWA

MOH. SAFI'I MANSUR 3114030073  
APRIANA HANGGARA DEWI 3114030068

NO.	KETERANGAN REVISI	TANGGAL

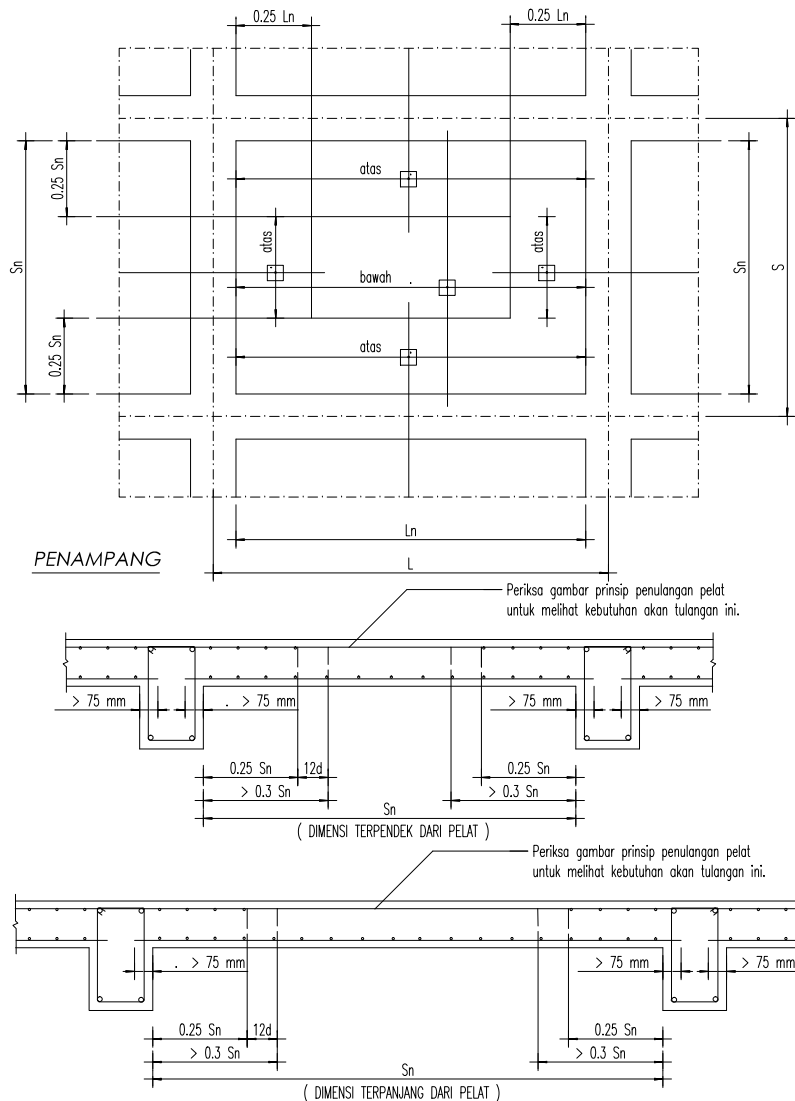
SUB KAWASAN/ BANGUNAN

GEDUNG PERKULIAHAN

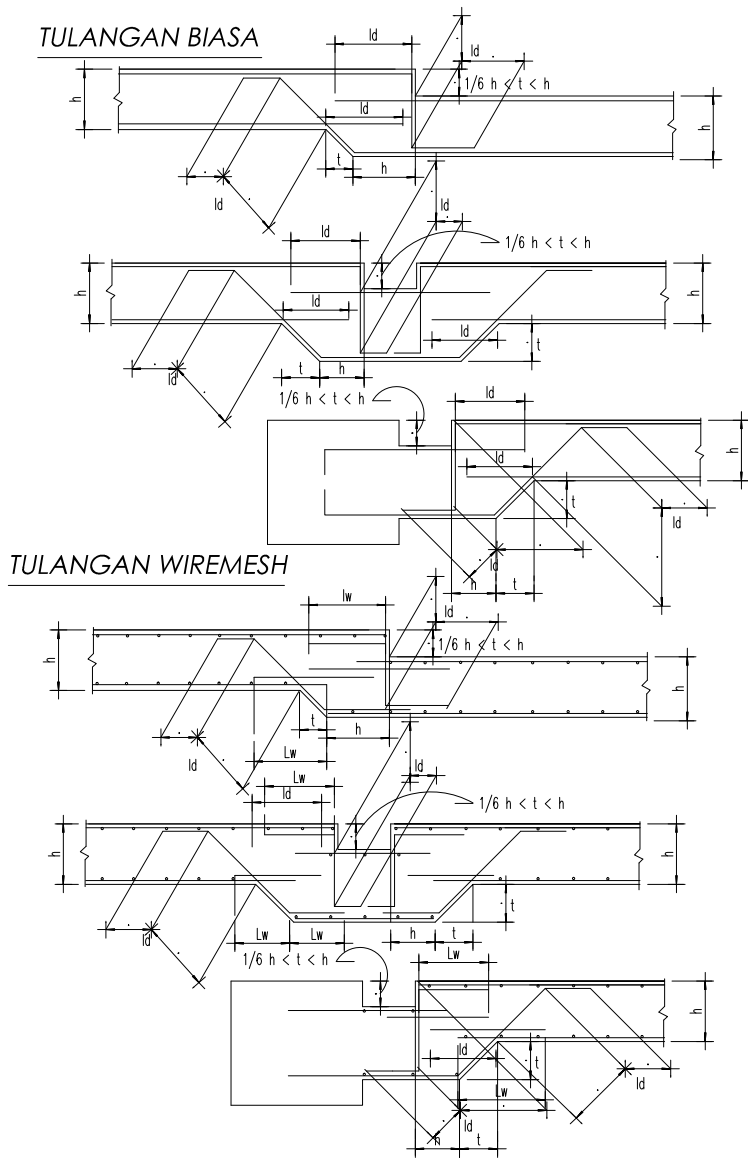
JUDUL GAMBAR	SKALA	
STANDART PEK. STRUKTUR	NTS	
DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
	S.0	18
TGL. 22 JUNI 2017		

HAK CIPTA :  
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK  
MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.  
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA  
IZIN TERTULIS.

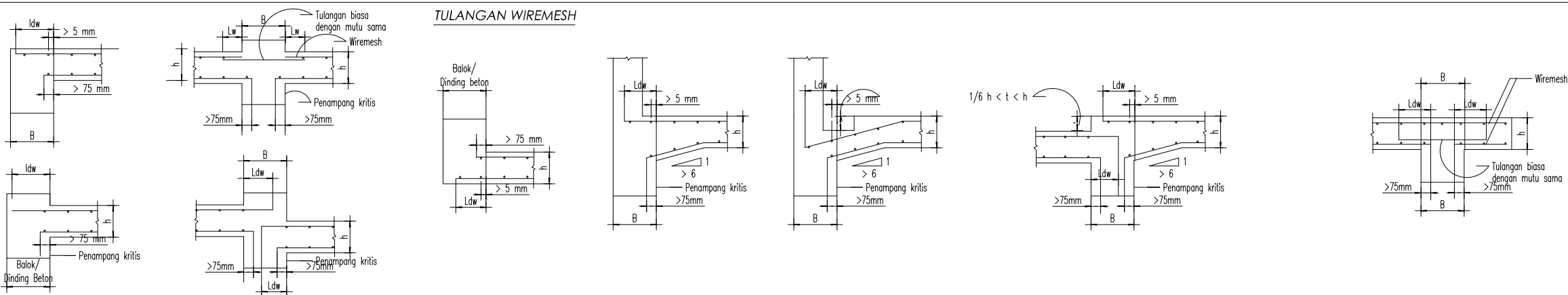
## PENULANGAN PLAT DENGAN WIREMESH

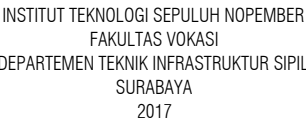


## PENULANGAN PLAT DENGAN ELEVASI BERBEDA



## PANJANG PENGAKHIRAN PENULANGAN PELAT





TUGAS AKHIR TERAPAN  
(RC 145501)

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH  
(SRPMM)

ETERANGAN

MOH. SAFI'I MANSUR	3114030073
APRIANA HANGGARA DEWI	3114030068

[illegible]

GEDUNG PERKULIAHAN

JUDUL GAMBAR		SKALA
RENCANA KOLOM ELV. -1.45 s/d ELV. +12.55		1:150
DOKUMEN GAMBAR KERJA		KODE
TGL. 22 JUNI 2017		NO. LBR
		S.1
		19

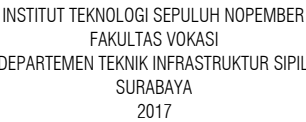
HAK CIPTA :  
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.  
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.



K1 = 600/600  
K2 = 450/450  
K3 = 250/250  
K4 (PRAKTIS) = 150/150

CATATAN :

1. MUTU BETON  $f_c' = 30$  Mpa, MUTU BAJA  $f_y = 400$  Mpa
2. RENCANA KOLOM PRAKTIS, DAPAT DILIHAT PADA GAMBAR DENAH



TUGAS AKHIR TERAPAN  
(RC 145501)

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH  
(SRPMM)

JL. SUTOREJO NO. 59 - SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING 1

DOSEN PEMBIMBING 2

NIP. 19840919 201504 1 001

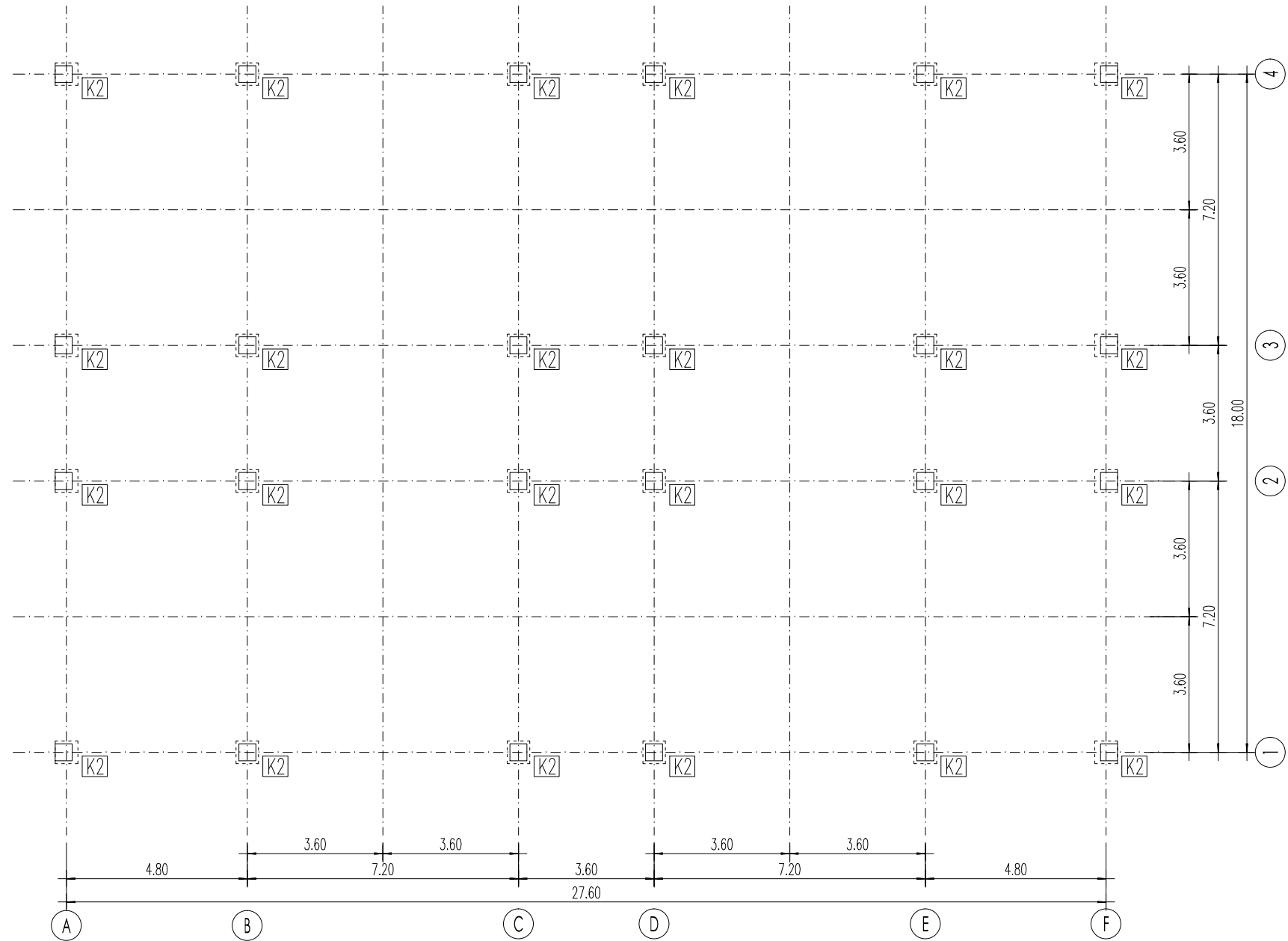
MOH. SAFI'I MANSUR	3114030073
APRIANA HANGGARA DEWI	3114030068

[illegible]

GEDUNG PERKULIAHAN

JUDUL GAMBAR		SKALA
RENCANA KOLOM ELV. +12.55 s/d ELV. +20.95		1:150
DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
	S.1	20
	TGL. 22 JUNI 2017	

**HAK CIPTA :**  
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA. DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.



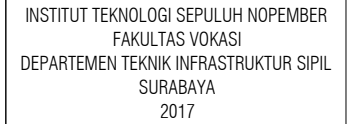
RENCANA KOLOM ELV. +12.55 s/d ELV. +20.95

K1	=	600/600
K2	=	450/450
K3	=	250/250
K4 (PRAKTIS)	=	150/150

CATATAN :

1. MUTU BETON  $f'_c = 30$  Mpa, MUTU BAJA  $f_y = 400$  Mpa
2. RENCANA KOLOM PRAKTIS, DAPAT DILIHAT PADA GAMBAR DENAH





TUGAS AKHIR TERAPAN  
(RC 145501)

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH  
(SRPMM)

JL. SUTOREJO NO. 59 - SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING 1

DOSEN PEMBIMBING 2

FIF NAVIR REFANI, ST.,MT.

NIP. 19840919 201504 1 001

MAHASISWA

MOH. SAFI'I MANSUR	3114030073
APRIANA HANGGARA DEWI	3114030068

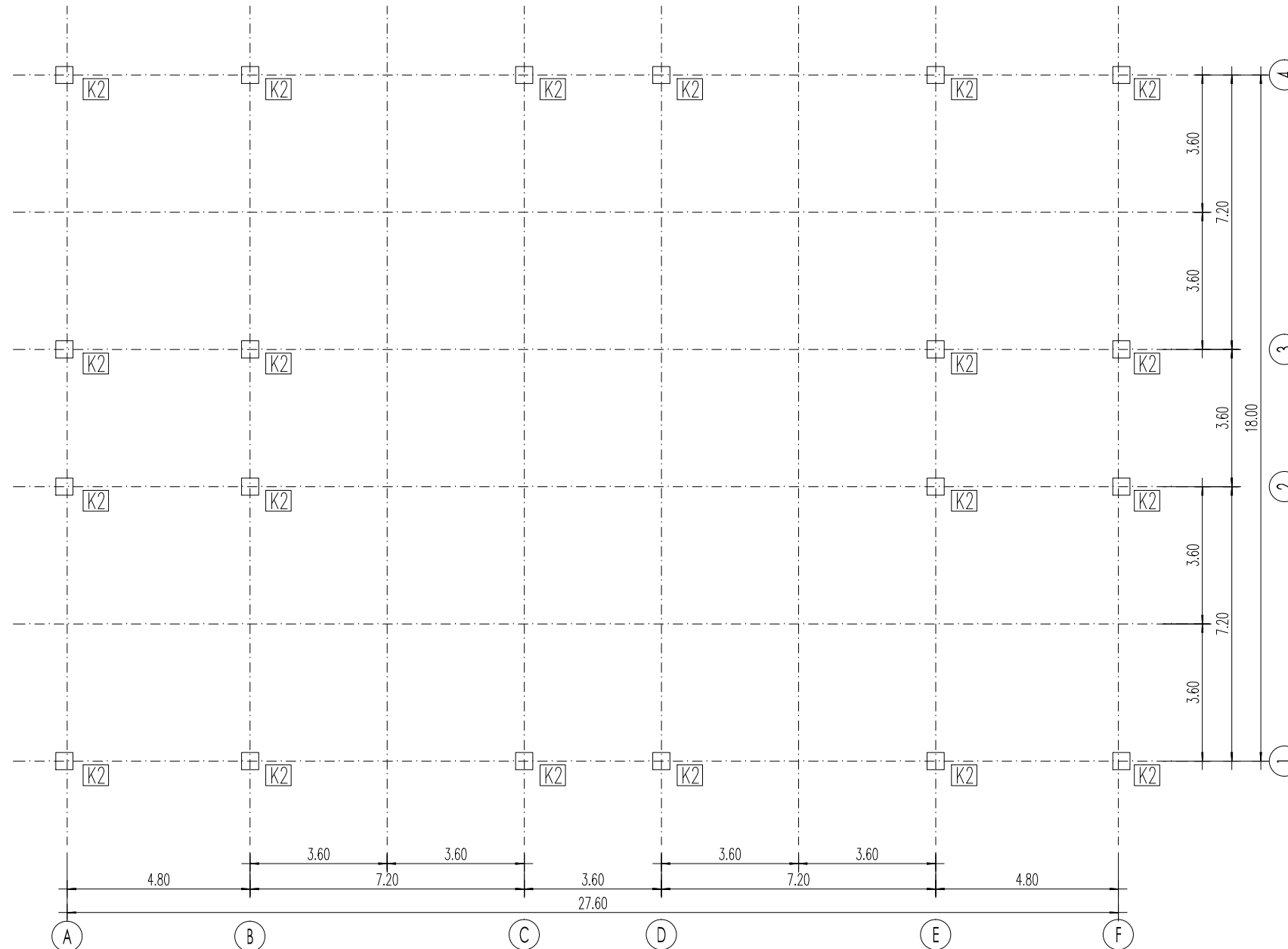
[illegible]

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

GEDUNG PERKULIAHAN

JUDUL GAMBAR		SKALA
RENCANA KOLOM ELV. + 20.95 s/d ELV. + 25.20		1:150
DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
	S.1	21
TGL. 22 JUNI 2017		

HAK CIPTA :  
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA. DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.



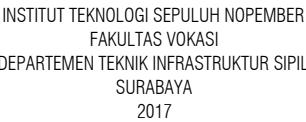
01 RENCANA KOLOM ELV. +20.95 s/d ELV. +25.20  
S.1 03 1 : 150

K1	= 600/600
K2	= 450/450
K3	= 250/250
K4 (PRAKTIS)	= 150/150

*CATATAN :*

1. MUTU BETON  $f_c' = 30$  Mpa, MUTU BAJA  $f_y = 400$  Mpa
2. RENCANA KOLOM PRAKTIS, DAPAT DILIHAT PADA GAMBAR DENAH





TUGAS AKHIR TERAPAN  
(RC 145501)

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH  
(SRPMM)

ETERANGAN

MOH. SAFI'I MANSUR	3114030073
APRIANA HANGGARA DEWI	3114030068

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

SKALA

1:150

NO. LBF

61

22

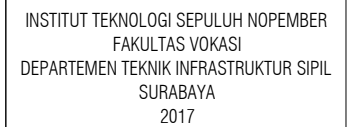
**HAK CIPTA :**  
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA. DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.



1 : 150

K1 = 600/600  
K2 = 450/450  
K3 = 250/250  
K4 (PRAKTIS) = 150/150

1. MUTU BETON  $f_c' = 30$  Mpa, MUTU BAJA  $f_y = 400$  Mpa
2. RENCANA KOLOM PRAKTIS, DAPAT DILIHAT PADA GAMBAR DENAH



TUGAS AKHIR TERAPAN  
(RC 145501)

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH  
(SRPMM)

NIP. 19840919 201504 1 001

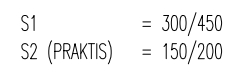
[illegible]

GEDUNG PERKULIAHAN

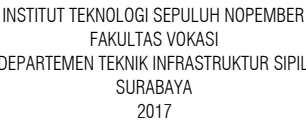
1:150

23

HAK CIPTA :  
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNG OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA. DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.




 RENCANA SLOOF ELV. -1.00  
 1 : 150



TUGAS AKHIR TERAPAN  
(RC 145501)

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA DENGAN METOD  
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGA  
(SRPMM)

KETERANGAN

RADEN BUYUNG ANUGRAHA AFFANDHIE, ST.,MT  
NIP. 19740203 200212 1 002

AFIF NAVIR REFANI, ST.,MT.  
NIP. 19840919 201504 1 001

MOH. SAFI'I MANSUR	3114030073
APRIANA HANGGARA DEWI	3114030068

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

JUDUL GAMBAR

SKALA

1:150

KODE

NO. LBF

TGL. 22 JUNI 2017

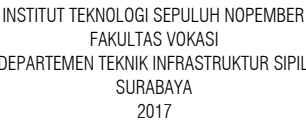
HAK CIPTA :  
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA. DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.



B1	=	350/500
B2	=	250/350
B3	=	250/350
B4	=	350/500
B5	=	250/350
B6	=	200/300
B7 (B. LATEI)	=	150/150
KS1	=	350/500
KS2	=	250/350

CATATAN :

1. MUTU BETON  $f'_c=30$  Mpa, MUTU BAJA  $F_y=400$  Mpa
2. BALOK LAJATI 15/15 TERDAPAT DI ATAS SETIAP BUKAAN. LIHAT GBR DENAH & POTONGAN
3. \* = DARI ELEVASI RENCANA BALOK



TUGAS AKHIR TERAPAN  
(RC 145501)

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH  
(SRPMM)

ETERANGAN

RADEN BUYUNG ANUGRAHA AFFANDHIE, ST.,MT.  
NIP. 19740203 200212 1 002

AFIF NAVIR REFANI, ST.,MT.  
NIP. 19840919 201504 1 001

MOH. SAFI'I MANSUR	3114030073
APRIANA HANGGARA DEWI	3114030068

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

JUDUL GAMBAR

SKALA

1:150

NO. LBF

33

25

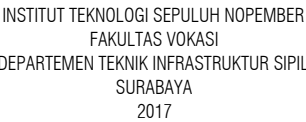
HAK CIPTA :  
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA. DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.



1 : 150

B1	=	350/500
B2	=	250/350
B3	=	250/350
B4	=	350/500
B5	=	250/350
B6	=	200/300
B7 (B. LATEI)	=	150/150
KS1	=	350/500
KS2	=	250/350

1. MUTU BETON  $f'_c=30$  Mpa, MUTU BAJA  $F_y=400$  Mpa
2. BALOK LATEI 15/15 TERDAPAT DI ATAS SETIAP BUKAAN. LIHAT GBR DENAH & POTONGAN
3. \* = DARI ELEVASI RENCANA BALOK



TUGAS AKHIR TERAPAN  
(RC 145501)

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH  
(SRPMM)

ETERANGAN

MOH. SAFI'I MANSUR	3114030073
APRIANA HANGGARA DEWI	3114030068

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

SKALA

1:150

NO. LBF

26

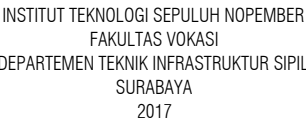
HAK CIPTA :  
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA. DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.



1 : 150

B1	=	350/500
B2	=	250/350
B3	=	250/350
B4	=	350/500
B5	=	250/350
B6	=	200/300
B7 (B. LATEI)	=	150/150
KS1	=	350/500
KS2	=	250/350

1. MUTU BETON  $f'_c = 30$  Mpa, MUTU BAJA  $f_y = 400$  Mpa
2. BALOK LATEI 15/15 TERDAPAT DI ATAS SETIAP BUKAAN. LIHAT GBR DENAH & POTONGAN
3. \* = DARI ELEVASI RENCANA BALOK



TUGAS AKHIR TERAPAN  
(RC 145501)

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH  
(SRPMM)

ETERANGAN

MOH. SAFI'I MANSUR	3114030073
APRIANA HANGGARA DEWI	3114030068

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

SKALA

1:150

10. LBF

27

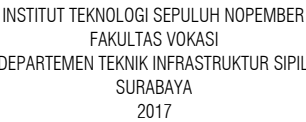
HAK CIPTA :  
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.  
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.



1 : 150

B1	=	350/500
B2	=	250/350
B3	=	250/350
B4	=	350/500
B5	=	250/350
B6	=	200/300
B7 (B. LATEI)	=	150/150
KS1	=	350/500
KS2	=	250/350

1. MUTU BETON  $f'_c = 30$  Mpa, MUTU BAJA  $F_y = 400$  Mpa
2. BALOK LATEI 15/15 TERDAPAT DI ATAS SETIAP BUKAAN. LIHAT GBR DENAH & POTONGAN
3. \* = DARI ELEVASI RENCANA BALOK



TUGAS AKHIR TERAPAN  
(RC 145501)

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH  
(SRPMM)

ETERANGAN

MOH. SAFI'I MANSUR	3114030073
APRIANA HANGGARA DEWI	3114030068

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

JUDUL GAMBAR

RENCANA BALOK ELV. +20.95

1:150

KODE

NO. LBF

TGL. 22 JUNI 2017

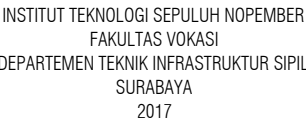
HAK CIPTA :  
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA. DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.



- |               |   |         |
|---------------|---|---------|
| B1            | = | 350/500 |
| B2            | = | 250/350 |
| B3            | = | 250/350 |
| B4            | = | 350/500 |
| B5            | = | 250/350 |
| B6            | = | 200/300 |
| B7 (B. LATEI) | = | 150/150 |
| KS1           | = | 350/500 |
| KS2           | = | 250/350 |

CATATAN :

1. MUTU BETON  $f'_c=30$  Mpa, MUTU BAJA  $F_y=400$  Mpa
2. BALOK LATEI 15/15 TERDAPAT DI ATAS SETIAP BUKAAN. LIHAT GBR DENAH & POTONGAN
3. \* = DARI ELEVASI RENCANA BALOK



TUGAS AKHIR TERAPAN  
(RC 145501)

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH  
(SRPMM)

ETERANGAN

MOH. SAFI'I MANSUR	3114030073
APRIANA HANGGARA DEWI	3114030068

[illegible]

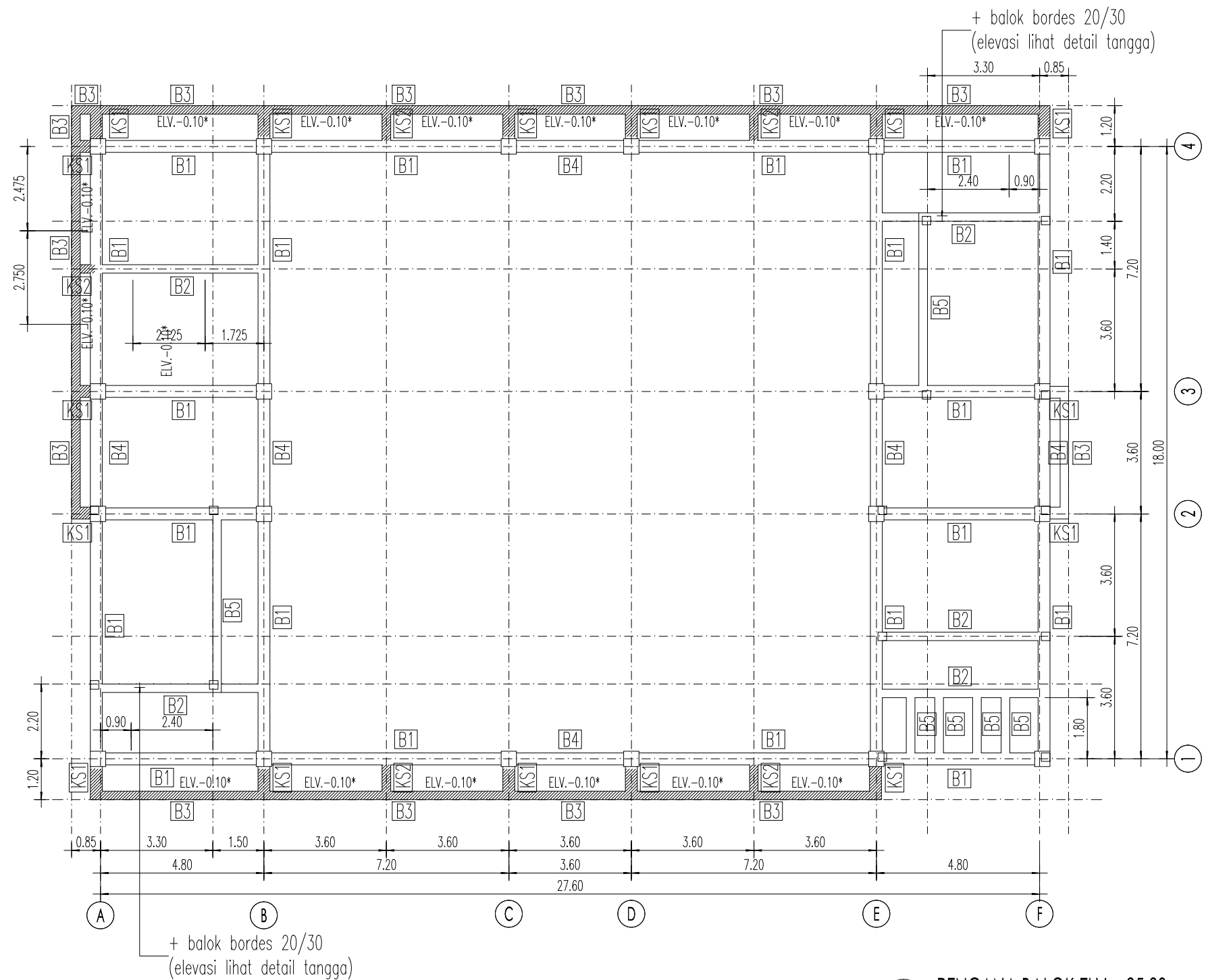
GEDUNG PERKULIAHAN

RENCANA BALOK ELV. +25.20

DOKUMEN  
GAMBAR KERJA

NO. LBF

**HAK CIPTA :**  
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA. DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.



## RENCANA BALOK ELV. +25.20

1 : 150

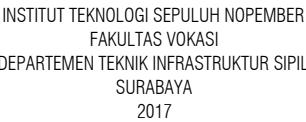
KETERANGAN

B1	=	350/500
B2	=	250/350
B3	=	250/350
B4	=	350/500
B5	=	250/350
B6	=	200/300
B7 (B. LATEI)	=	150/150
KS1	=	350/500
KS2	=	250/350

**CATATAN :**

1. MUTU BETON  $f'_c=30$  Mpa, MUTU BAJA  $F_y=400$  Mpa
2. BALOK LATEI 15/15 TERDAPAT DI ATAS SETIAP BUKAAN. LIHAT GBR DENAH & POTONGAN
3. \* = DARI ELEVASI RENCANA BALOK





TUGAS AKHIR TERAPAN  
(RC 145501)

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH  
(SRPMM)

JL. SUTOREJO NO. 59 - SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING 1

RADEN BUYUNG ANUGRAHA AFFANDHIE, ST.,MT.  
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN PEMBIMBING 2

AFIF NAVIR REFANI, ST.,MT.  
NIP. 19840919 201504 1 001

MAHASISWA

MOH. SAFI'I MANSUR	3114030073
APRIANA HANGGARA DEWI	3114030068

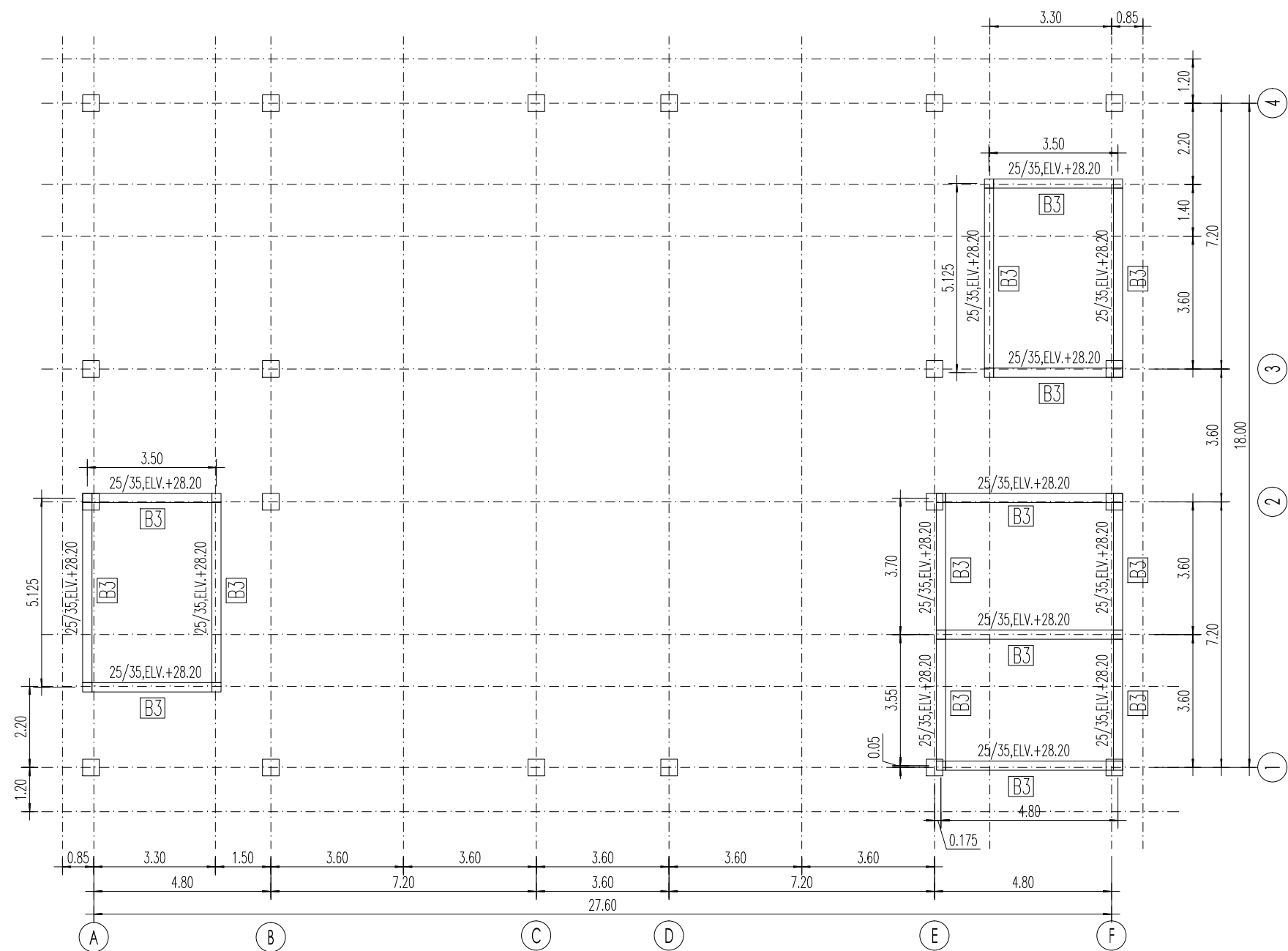
[illegible]

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

GEDUNG PERKULIAHAN

JUDUL GAMBAR		SKALA
RENCANA BALOK ELV. +28.20		1:150
DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
	S.3	30
	TGL. 22 JUNI 2017	

**HAK CIPTA :**  
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.  
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.

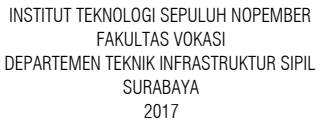


B1	=	350/500
B2	=	250/350
B3	=	250/350
B4	=	350/500
B5	=	250/350
B6	=	200/300
B7 (B. LATEI)	=	150/150
KS1	=	350/500
KS2	=	250/350


 RENCANA BALOK ELV. +28.20  
 1 : 150

CATATAN :

1. MUTU BETON  $FC'=30$  Mpa, MUTU BAJA  $FY=400$  Mpa
2. BALOK LATEI 15/15 TERDAPAT DI ATAS SETIAP BUKAAN. LIHAT GBR DENAH & POTONGAN
3. \* = DARI ELEVASI RENCANA BALOK



TUGAS AKHIR TERAPAN  
(RC 145501)

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH  
(SRPMM)

KETERANGAN

MOH. SAFI'I MANSUR	3114030073
APRIANA HANGGARA DEWI	3114030068

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

SKALA

1:10

NO. LBR

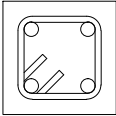
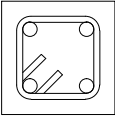
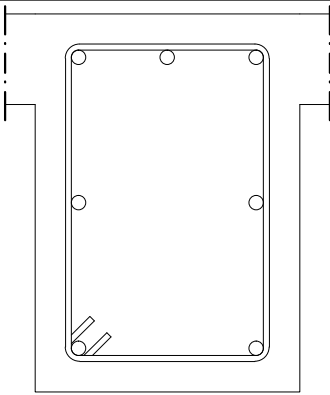
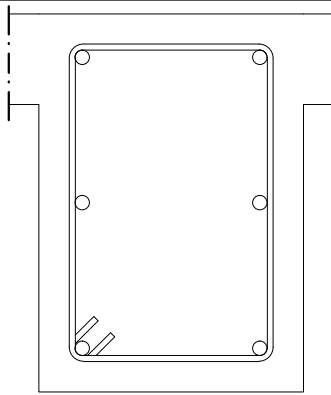
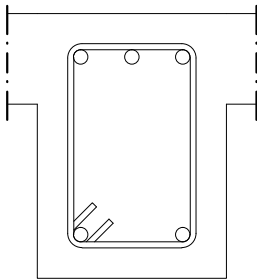
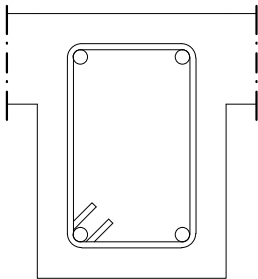
S 4

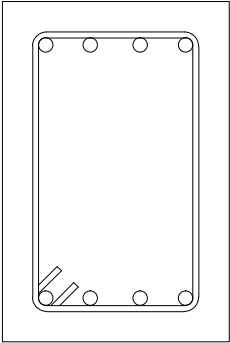
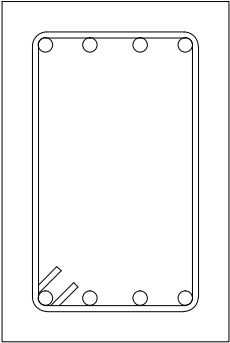
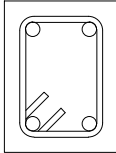
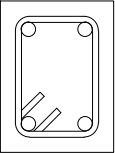
HAK CIPTA :  
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.  
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.

BALOK B4 (35/50)		BALOK B5 (25/35)		BALOK BORDES B6 (20/30)	
TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
Dimensi : 350 x 500	Dimensi : 350 x 500	Dimensi : 250 x 350	Dimensi : 250 x 350	Dimensi : 200 x 300	Dimensi : 200 x 300
Tebal Selimut (Decking) : 40.00 mm	Tebal Selimut (Decking) : 40.00 mm	Tebal Selimut (Decking) : 40.00 mm	Tebal Selimut (Decking) : 40.00 mm	Tebal Selimut (Decking) : 40.00 mm	Tebal Selimut (Decking) : 40.00 mm
Tulangan Atas : 3 D 22	Tulangan Atas : 2 D 22	Tulangan Atas : 4 D 13	Tulangan Atas : 2 D 13	Tulangan Atas : 5 D 13	Tulangan Atas : 2 D 13
Tulangan Tengah : 2 D 16	Tulangan Tengah : 2 D 16	Tulangan Tengah : 2 D 12	Tulangan Tengah : 2 D 12	Tulangan Tengah : 2 D 10	Tulangan Tengah : 2 D 10
Tulangan Bawah : 2 D 22	Tulangan Bawah : 3 D 22	Tulangan Bawah : 2 D 13	Tulangan Bawah : 4 D 13	Tulangan Bawah : 2 D 13	Tulangan Bawah : 3 D 13
Beugel : $\varnothing$ 10 – 100	Beugel : $\varnothing$ 10 – 150	Beugel : $\varnothing$ 12 – 100	Beugel : $\varnothing$ 12 – 150	Beugel : $\varnothing$ 10 – 100	Beugel : $\varnothing$ 10 – 150



1 : 10

BALOK LATEI B7 (15/15)		BALOK KS1 (35/50)		BALOK KS2 (25/35)	
TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
					
Dimensi : 150 x 150	Dimensi : 150 x 150	Dimensi : 350 x 500	Dimensi : 350 x 500	Dimensi : 250 x 350	Dimensi : 250 x 350
Tebal Selimut (Decking) : 20.00 mm	Tebal Selimut (Decking) : 20.00 mm	Tebal Selimut (Decking) : 40.00 mm	Tebal Selimut (Decking) : 40.00 mm	Tebal Selimut (Decking) : 40.00 mm	Tebal Selimut (Decking) : 40.00 mm
Tulangan Atas : 2 D 12	Tulangan Atas : 2 D 12	Tulangan Atas : 3 D 16	Tulangan Atas : 2 D 16	Tulangan Atas : 3 D 13	Tulangan Atas : 2 D 13
Tulangan Tengah : –	Tulangan Tengah : –	Tulangan Tengah : 2 D 16	Tulangan Tengah : 2 D 16	Tulangan Tengah : –	Tulangan Tengah : –
Tulangan Bawah : 2 D 12	Tulangan Bawah : 2 D 12	Tulangan Bawah : 2 D 16	Tulangan Bawah : 2 D 16	Tulangan Bawah : 2 D 13	Tulangan Bawah : 2 D 13
Beugel : Ø 10 – 100	Beugel : Ø 10 – 150	Beugel : Ø 10 – 100	Beugel : Ø 10 – 150	Beugel : Ø 10 – 100	Beugel : Ø 10 – 150

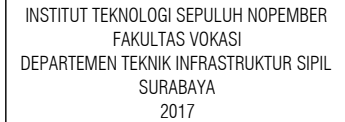
SLOOF S1 (30/45)		SLOOF PRAKTIS S2 (15/20)	
TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
			
Dimensi : 300 x 450	Dimensi : 300 x 450	Dimensi : 150 x 200	Dimensi : 150 x 200
Tebal Selimut (Decking) : 40.00 mm	Tebal Selimut (Decking) : 40.00 mm	Tebal Selimut (Decking) : 20.00 mm	Tebal Selimut (Decking) : 20.00 mm
Tulangan Atas : 4 D 16	Tulangan Atas : 4 D 16	Tulangan Atas : 2 D 12	Tulangan Atas : 2 D 12
Tulangan Tengah : –	Tulangan Tengah : –	Tulangan Tengah : –	Tulangan Tengah : –
Tulangan Bawah : 4 D 16	Tulangan Bawah : 4 D 16	Tulangan Bawah : 2 D 12	Tulangan Bawah : 2 D 12
Beugel : Ø 10 – 100	Beugel : Ø 10 – 150	Beugel : Ø 10 – 100	Beugel : Ø 10 – 150



DETAIL PENULANGAN BALOK & SLOOF  
1 : 10



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS VOKASI DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL SURABAYA 2017		
MATA KULIAH		
TUGAS AKHIR TERAPAN (RC 145501)		
JUDUL PROYEK		
PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PERKULIAHAN DI SURABAYA DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)		
LOKASI		
JL. SUTOREJO NO. 59 - SURABAYA		
KETERANGAN		
DOSEN PEMBIMBING 1		
RADEN BUYUNG ANUGRAHA AFFANDHIE, ST.,MT. NIP. 19740203 200212 1 002		
DOSEN PEMBIMBING 2		
AFIF NAVIR REFANI, ST.,MT. NIP. 19840919 201504 1 001		
MAHASISWA		
MOH. SAFI'I MANSUR		3114030073
APRIANA HANGGARA DEWI		3114030068
NO.	KETERANGAN REVISI	TANGGAL
SUB KAWASAN/ BANGUNAN		
GEDUNG PERKULIAHAN		
JUDUL GAMBAR		SKALA
DETAIL PENULANGAN BALOK & SLOOF		1:10
DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
	S.4	32
TGL. 22 JUNI 2017		
HAK CIPTA : SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA. DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.		



TUGAS AKHIR TERAPAN  
(RC 145501)

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH  
(SRPMM)

KETERANGAN

MOH. SAFI'I MANSUR	3114030073
APRIANA HANGGARA DEWI	3114030068

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

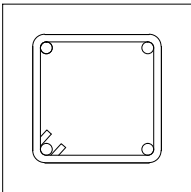
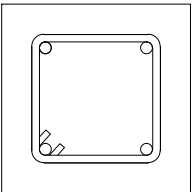
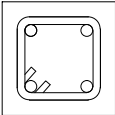
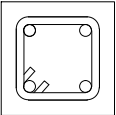
SKALA

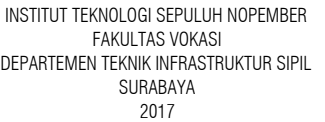
1:10

NO. LBR

33

HAK CIPTA :  
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.  
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.

KOLOM UTAMA K3 (25/25)		KOLOM PRAKTIS K4 (15/15)	
TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
			
Dimensi : 250 x 250	Dimensi : 250 x 250	Dimensi : 150 x 150	Dimensi : 150 x 150
Tebal Selimut (Decking) : 40.00 mm	Tebal Selimut (Decking) : 40.00 mm	Tebal Selimut (Decking) : 20.00 mm	Tebal Selimut (Decking) : 20.00 mm
Tulangan Utama : 4 D 16	Tulangan Utama : 4 D 16	Tulangan Utama : 4 D 12	Tulangan Utama : 4 D 12
Beugel : $\phi$ 12 – 100	Beugel : $\phi$ 12 – 150	Beugel : $\phi$ 10 – 100	Beugel : $\phi$ 10 – 150



TUGAS AKHIR TERAPAN  
(RC 145501)

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH  
(SRPMM)

JL. SUTOREJO NO. 59 - SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING 1

RADEN BUYUNG ANUGRAHA AFFANDHIE, ST.,MT.  
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN PEMBIMBING 2

AFIF NAVIR REFANI, ST.,MT.  
NIP. 19840919 201504 1 001

MAHASISWA

MOH. SAFI'I MANSUR	3114030073
APRIANA HANGGARA DEWI	3114030068

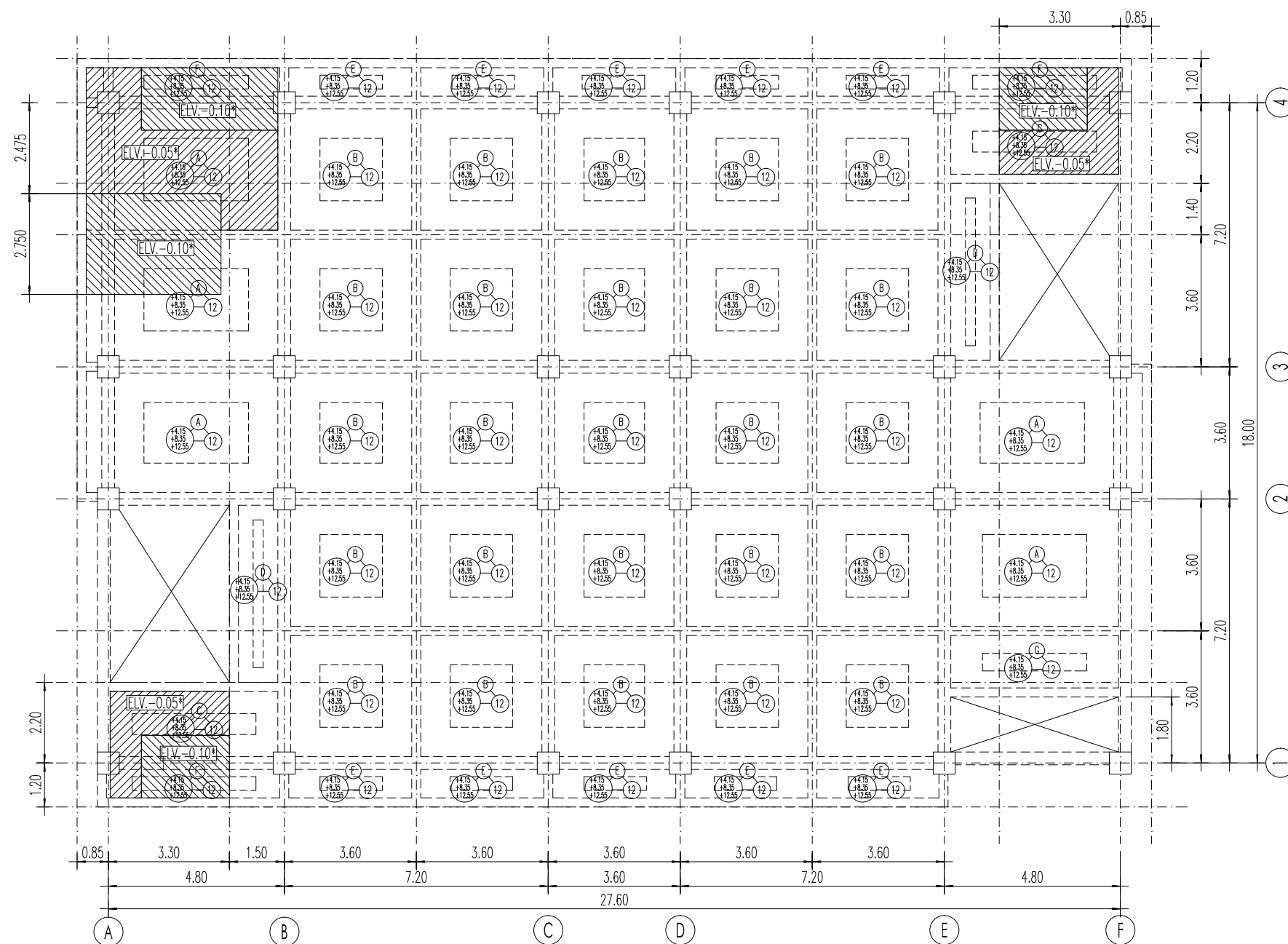
[illegible]

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

GEDUNG PERKULIAHAN

JUDUL GAMBAR		SKALA
RENCANA PLAT ELV. + 4.15- ELV. + 12.55		1:150
DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
	S.5	34

HAK CIPTA :  
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.  
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.

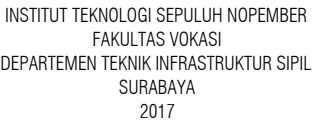


PLAT TYPE A	= 4.80 m x 3.60 m
PLAT TYPE B	= 3.60 m x 3.60 m
PLAT TYPE C	= 4.80 m x 2.20 m
PLAT TYPE D	= 1.50 m x 5.00 m
PLAT TYPE E	= 3.60 m x 1.20 m
PLAT TYPE F	= 4.80 m x 1.20 m
PLAT TYPE G	= 4.80 m x 1.80 m
PLAT TYPE H	= 3.30 m x 5.00 m
PLAT TYPE I	= 4.80 m x 3.60 m


 RENCANA PLAT ELV. +4.15 s/d ELV. +12.55  
 1 : 150

*CATATAN :*

1. MUTU BETON  $f_c' = 30$  Mpa, MUTU BAJA  $f_y = 400$  Mpa
3. \* = DARI ELEVASI RENCANA PLAT



TUGAS AKHIR TERAPAN  
(RC 145501)

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH  
(SRPMM)

JL. SUTOREJO NO. 59 - SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING 1

RADEN BUYUNG ANUGRAHA AFFANDHIE, ST.,MT.  
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN PEMBIMBING 2

AFIF NAVIR REFANI, ST.,MT.  
NIP. 19840919 201504 1 001

MAHASISWA

MOH. SAFI'I MANSUR	3114030073
APRIANA HANGGARA DEWI	3114030068

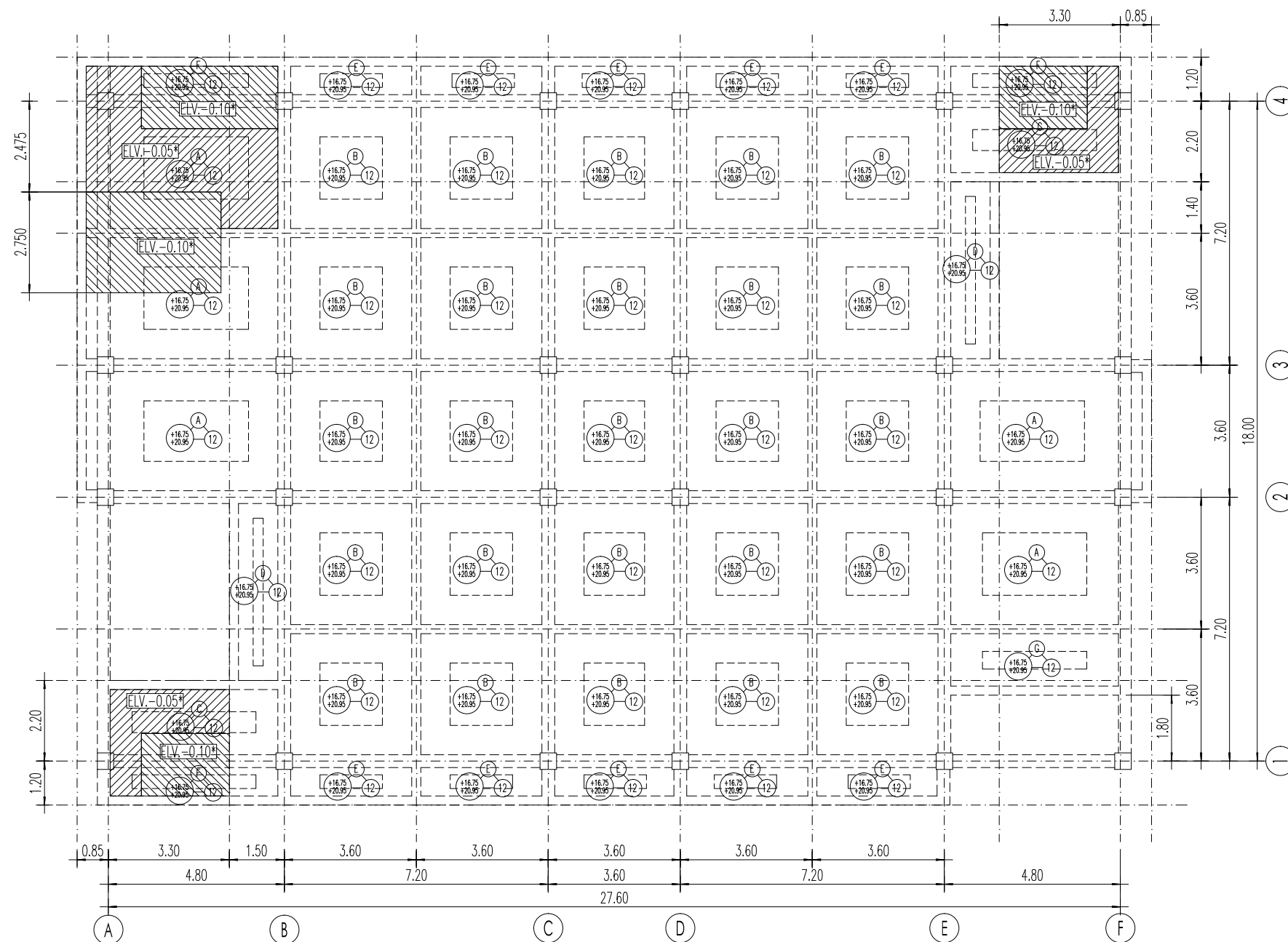
[illegible]

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

GEDUNG PERKULIAHAN

JUDUL GAMBAR		SKALA
RENCANA PLAT ELV. +16.75- ELV. +20.95		1:150
DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
	S.5	35
	TGL. 22 JUNI 2017	

**HAK CIPTA :**  
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA. DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.

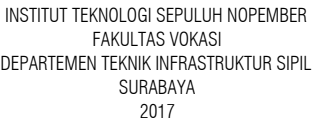


PLAT TYPE A	= 4.80 m x 3.60 m
PLAT TYPE B	= 3.60 m x 3.60 m
PLAT TYPE C	= 4.80 m x 2.20 m
PLAT TYPE D	= 1.50 m x 5.00 m
PLAT TYPE E	= 3.60 m x 1.20 m
PLAT TYPE F	= 4.80 m x 1.20 m
PLAT TYPE G	= 4.80 m x 1.80 m
PLAT TYPE H	= 3.30 m x 5.00 m
PLAT TYPE I	= 4.80 m x 3.60 m

01 RENCANA PLAT ELV. +16.75 s/d ELV.+20.95  
S.5 02 1 : 150

CATATAN :

1. MUTU BETON  $f'_c = 30$  Mpa, MUTU BAJA  $f_y = 400$  Mpa
3. \* = DARI ELEVASI RENCANA PLAT



TUGAS AKHIR TERAPAN  
(RC 145501)

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH  
(SRPMM)

JL. SUTOREJO NO. 59 - SURABAYA

RADEN BUYUNG ANUGRAHA AFFANDHIE, ST.,MT.  
NIP. 19740203 200212 1 002

AFIF NAVIR REFANI, ST.,MT.  
NIP. 19840919 201504 1 001

MOH. SAFI'I MANSUR	3114030073
APRIANA HANGGARA DEWI	3114030068

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

SKALA

1:150

NO. LBR

36

HAK CIPTA :  
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.  
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.



1 : 150

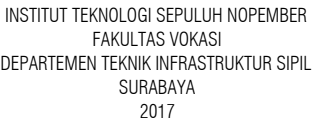
PLAT TYPE A	= 4.80 m x 3.60 m
PLAT TYPE B	= 3.60 m x 3.60 m
PLAT TYPE C	= 4.80 m x 2.20 m
PLAT TYPE D	= 1.50 m x 5.00 m
PLAT TYPE E	= 3.60 m x 1.20 m
PLAT TYPE F	= 4.80 m x 1.20 m
PLAT TYPE G	= 4.80 m x 1.80 m
PLAT TYPE H	= 3.30 m x 5.00 m
PLAT TYPE I	= 4.80 m x 3.60 m

CATATAN :

1. MUTU BETON  $f_c' = 30$  Mpa, MUTU BAJA  $f_y = 400$  Mpa

3. \* = DARI ELEVASI RENCANA PLAT





TUGAS AKHIR TERAPAN  
(RC 145501)

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH  
(SRPMM)

JL. SUTOREJO NO. 59 - SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING 1

RADEN BUYUNG ANUGRAHA AFFANDHIE, ST.,MT.  
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN PEMBIMBING 2

AFIF NAVIR REFANI, ST.,MT.  
NIP. 19840919 201504 1 001

MAHASISWA

MOH. SAFI'I MANSUR	3114030073
APRIANA HANGGARA DEWI	3114030068

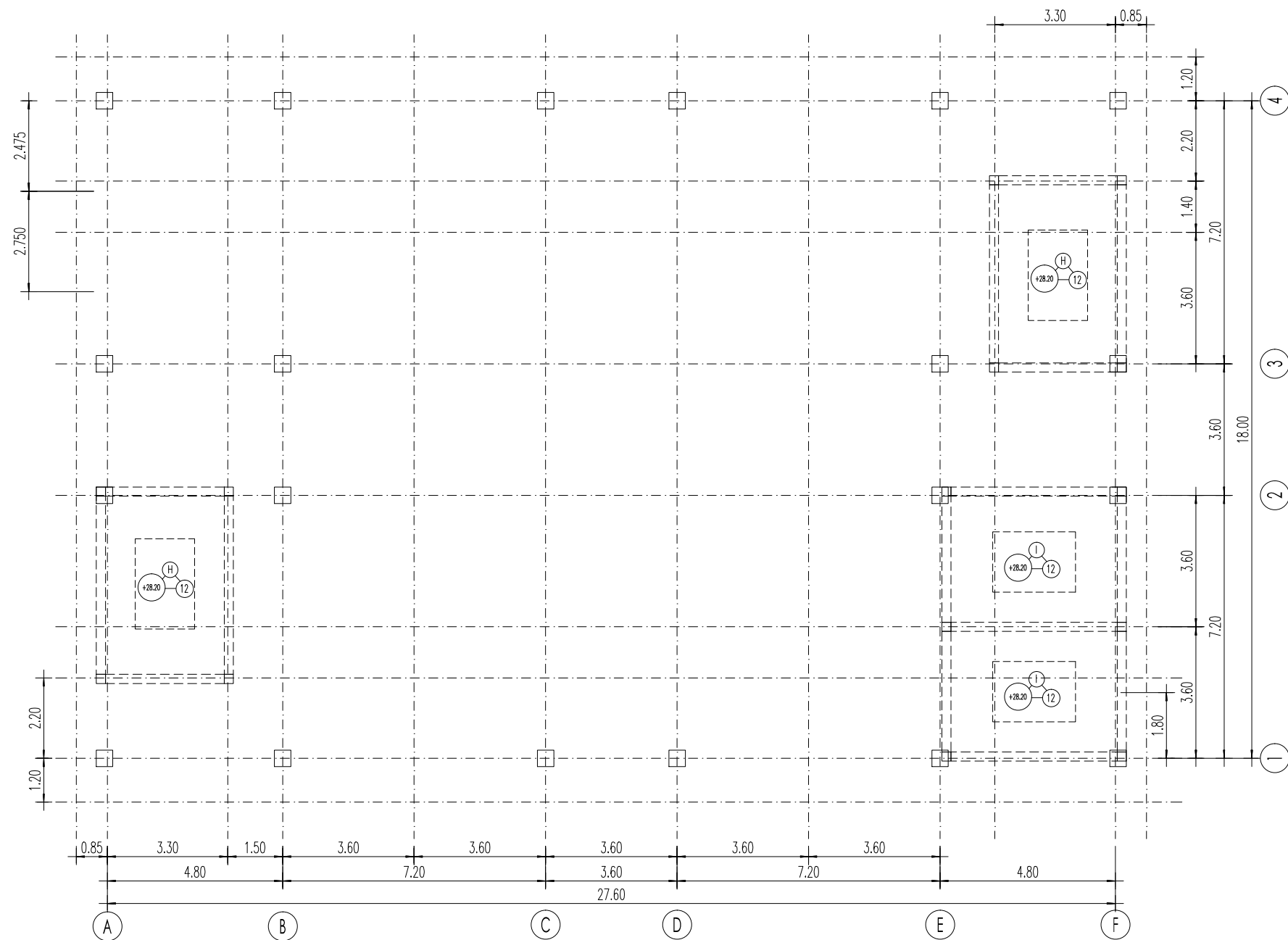
[illegible]

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

GEDUNG PERKULIAHAN

JUDUL GAMBAR		SKALA
RENCANA PLAT ELV. +28.20		1:150
DOKUMEN GAMBAR KERJA		KODE
TGL. 22 JUNI 2017		NO. LBR
		S.5
		37

**HAK CIPTA :**  
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.  
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.



PLAT TYPE A	= 4.80 m x 3.60 m
PLAT TYPE B	= 3.60 m x 3.60 m
PLAT TYPE C	= 4.80 m x 2.20 m
PLAT TYPE D	= 1.50 m x 5.00 m
PLAT TYPE E	= 3.60 m x 1.20 m
PLAT TYPE F	= 4.80 m x 1.20 m
PLAT TYPE G	= 4.80 m x 1.80 m
PLAT TYPE H	= 3.30 m x 5.00 m
PLAT TYPE I	= 4.80 m x 3.60 m



*CATATAN :*

1. MUTU BETON  $f_c' = 30$  Mpa, MUTU BAJA  $f_y = 400$  Mpa
3. \* = DARI ELEVASI RENCANA PLAT





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
SURABAYA  
2017

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN  
(RC 145501)

JUDUL PROYEK

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

LOKASI

JL. SUTOREJO NO. 59 - SURABAYA

KETERANGAN

DOSEN PEMBIMBING 1

RADEN BUYUNG ANUGRAHA AFFANDHIE, ST.,MT.  
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN PEMBIMBING 2

AFIF NAVIR REFANI, ST.,MT.  
NIP. 19840919 201504 1 001

MAHASISWA

MOH. SAFI'I MANSUR 3114030073  
APRIANA HANGGARA DEWI 3114030068

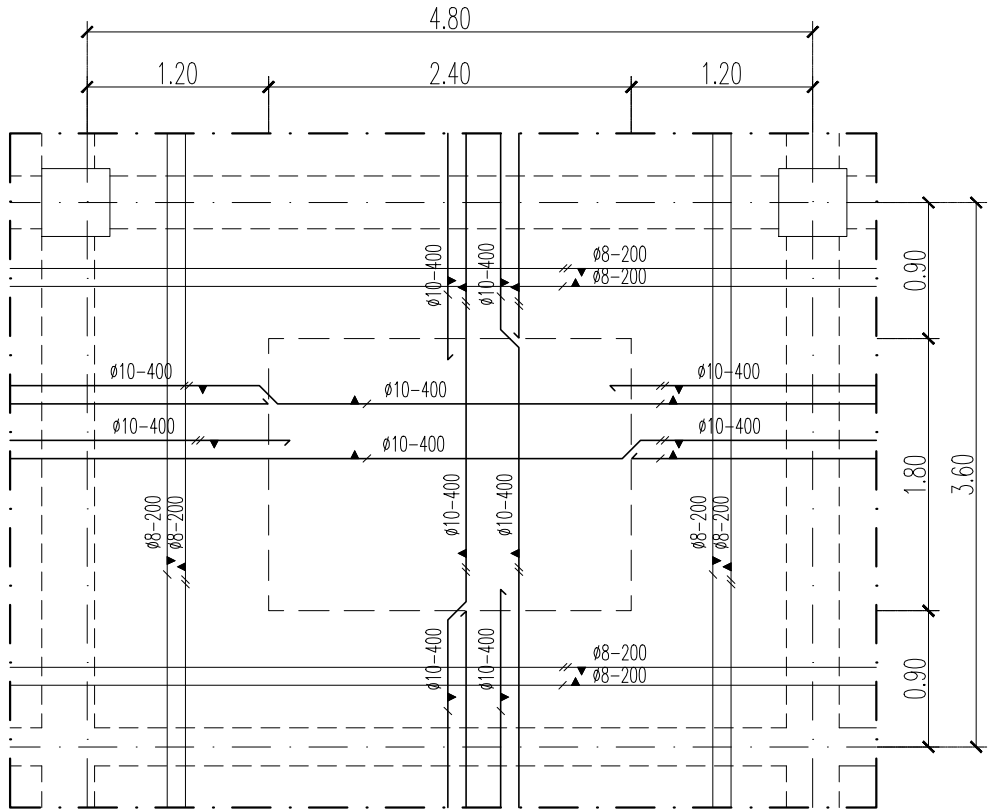
NO.	KETERANGAN REVISI	TANGGAL

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

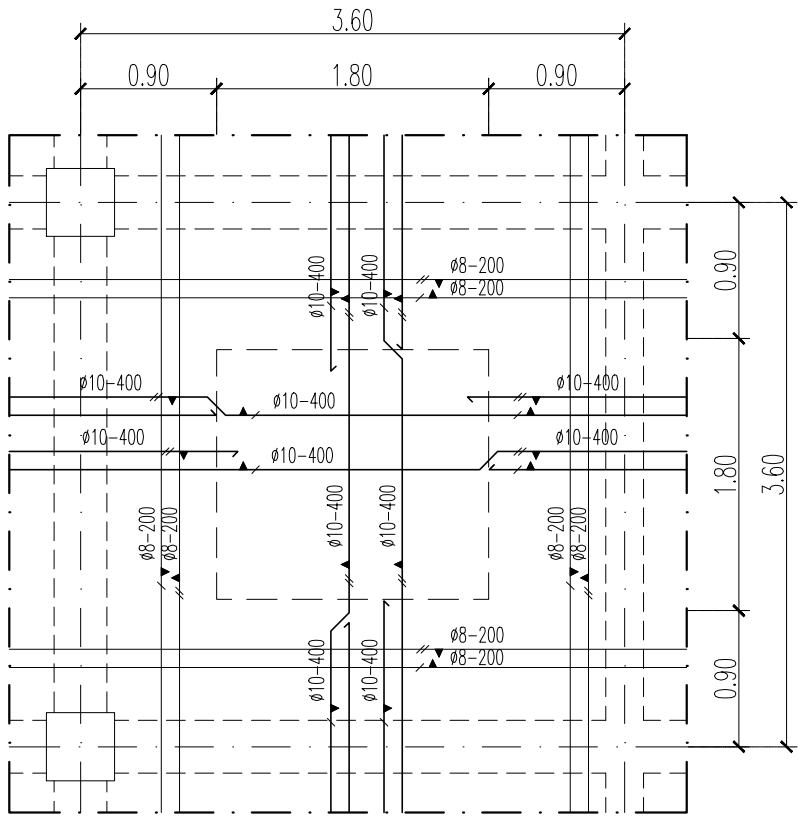
GEDUNG PERKULIAHAN

JUDUL GAMBAR	SKALA
DETAIL TYPE PLAT	1:50
DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE S.6
TGL. 22 JUNI 2017	NO. LBR 38

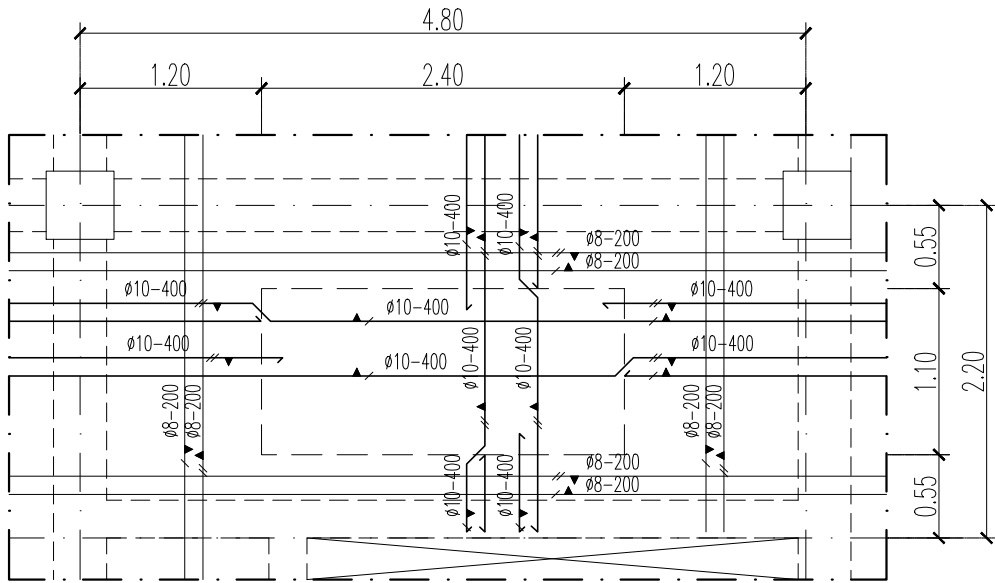
HAK CIPTA :  
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.  
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.



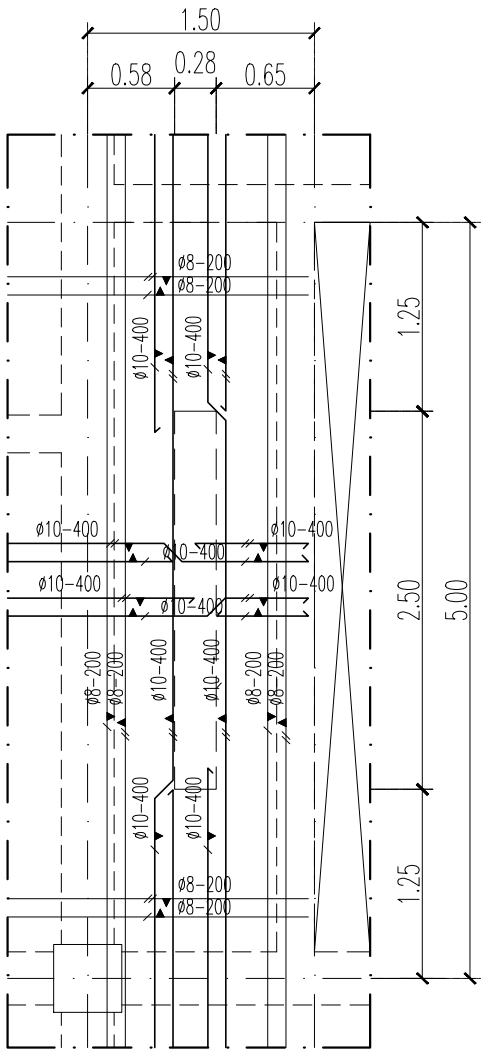
01  
S.6 01  
DETAIL PLAT TYPE A  
1 : 50



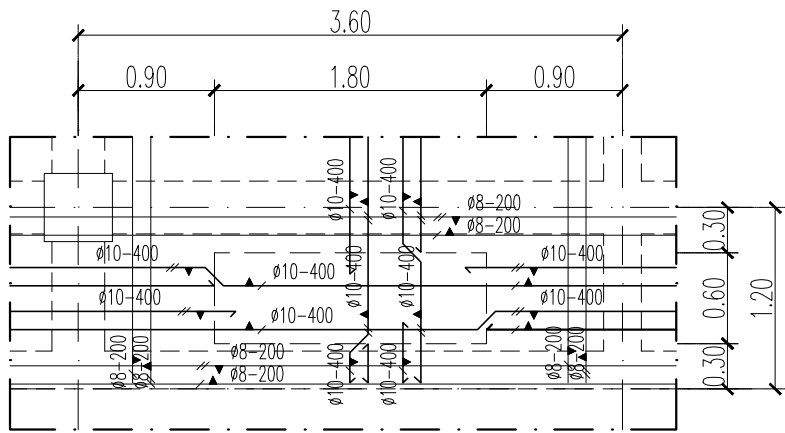
02  
S.6 01  
DETAIL PLAT TYPE B  
1 : 50



03  
S.6 01  
DETAIL PLAT TYPE C  
1 : 50



04  
S.6 01  
DETAIL PLAT TYPE D  
1 : 50



05  
S.6 01  
DETAIL PLAT TYPE E  
1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
SURABAYA  
2017

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN  
(RC 145501)

JUDUL PROYEK

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH  
(SRPMM)

LOKASI

JL. SUTOREJO NO. 59 - SURABAYA

KETERANGAN

DOSEN PEMBIMBING 1

RADEN BUYUNG ANUGRAHA AFFANDHIE, ST..MT.  
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN PEMBIMBING 2

AFIF NAVIR REFANI, ST..MT.  
NIP. 19840919 201504 1 001

MAHASISWA

MOH. SAFI'I MANSUR 3114030073  
APRIANA HANGGARA DEWI 3114030068

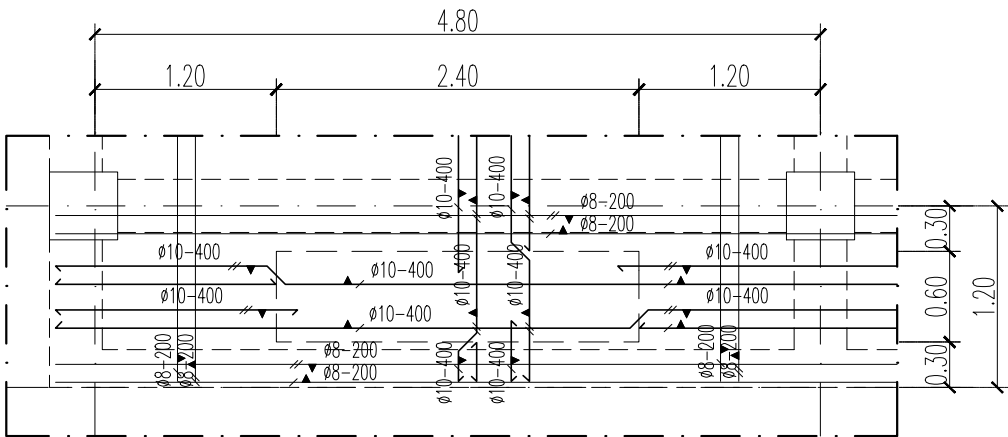
NO.	KETERANGAN REVISI	TANGGAL

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

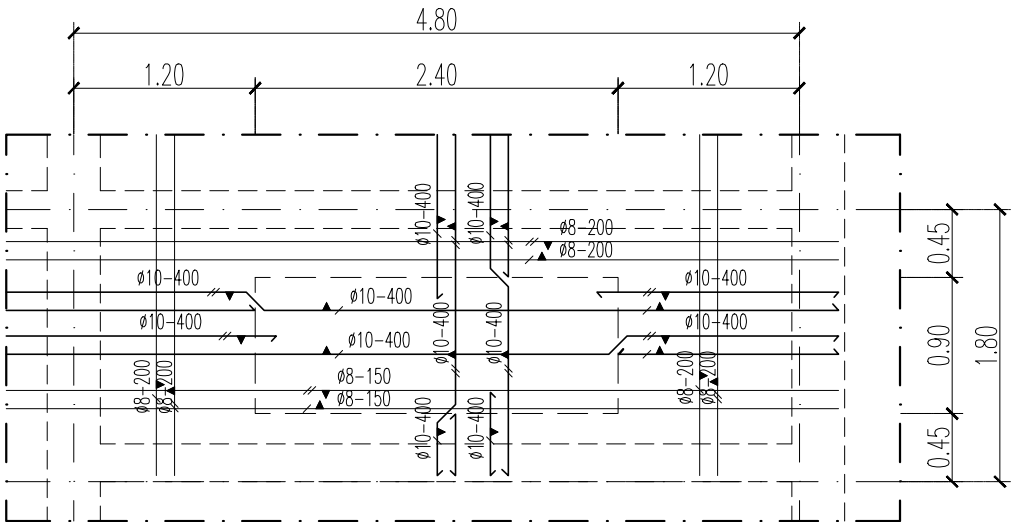
GEDUNG PERKULIAHAN

JUDUL GAMBAR	SKALA	
DETAIL TIPE PLAT	1:50	
DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
	S.6	39
TGL. 22 JUNI 2017		

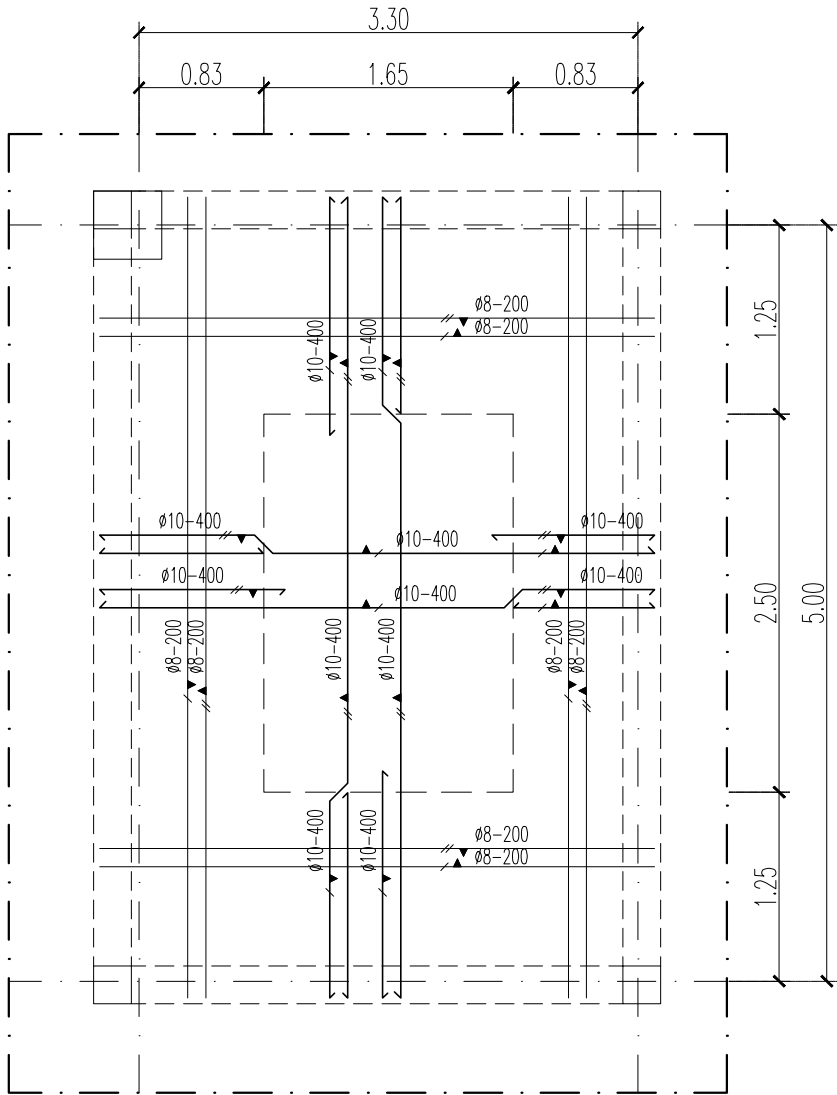
HAK CIPTA :  
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK  
MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.  
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA  
IZIN TERTULIS.



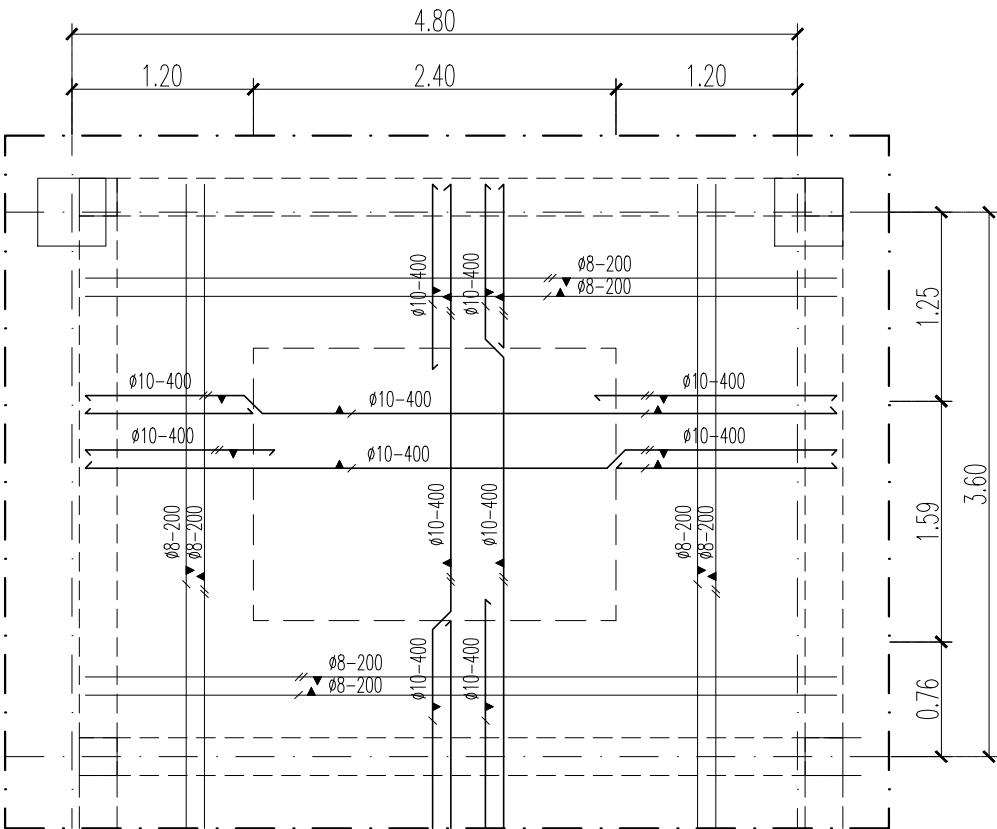
01  
S.6 | 02  
DETAIL PLAT TIPE F  
1 : 50



02  
S.6 | 02  
DETAIL PLAT TIPE G  
1 : 50



03  
S.6 | 02  
DETAIL PLAT TIPE H  
1 : 50



04  
S.6 | 02  
DETAIL PLAT TIPE I  
1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
SURABAYA  
2017

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN  
(RC 145501)

JUDUL PROYEK

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH  
(SRPMM)

LOKASI

JL. SUTOREJO NO. 59 - SURABAYA

KETERANGAN

DOSEN PEMBIMBING 1

RADEN BUYUNG ANUGRAHA AFFANDHIE, ST.,MT.  
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN PEMBIMBING 2

AFIF NAVIR REFANI, ST.,MT.  
NIP. 19840919 201504 1 001

MAHASISWA

MOH. SAFI'I MANSUR 3114030073  
APRIANA HANGGARA DEWI 3114030068

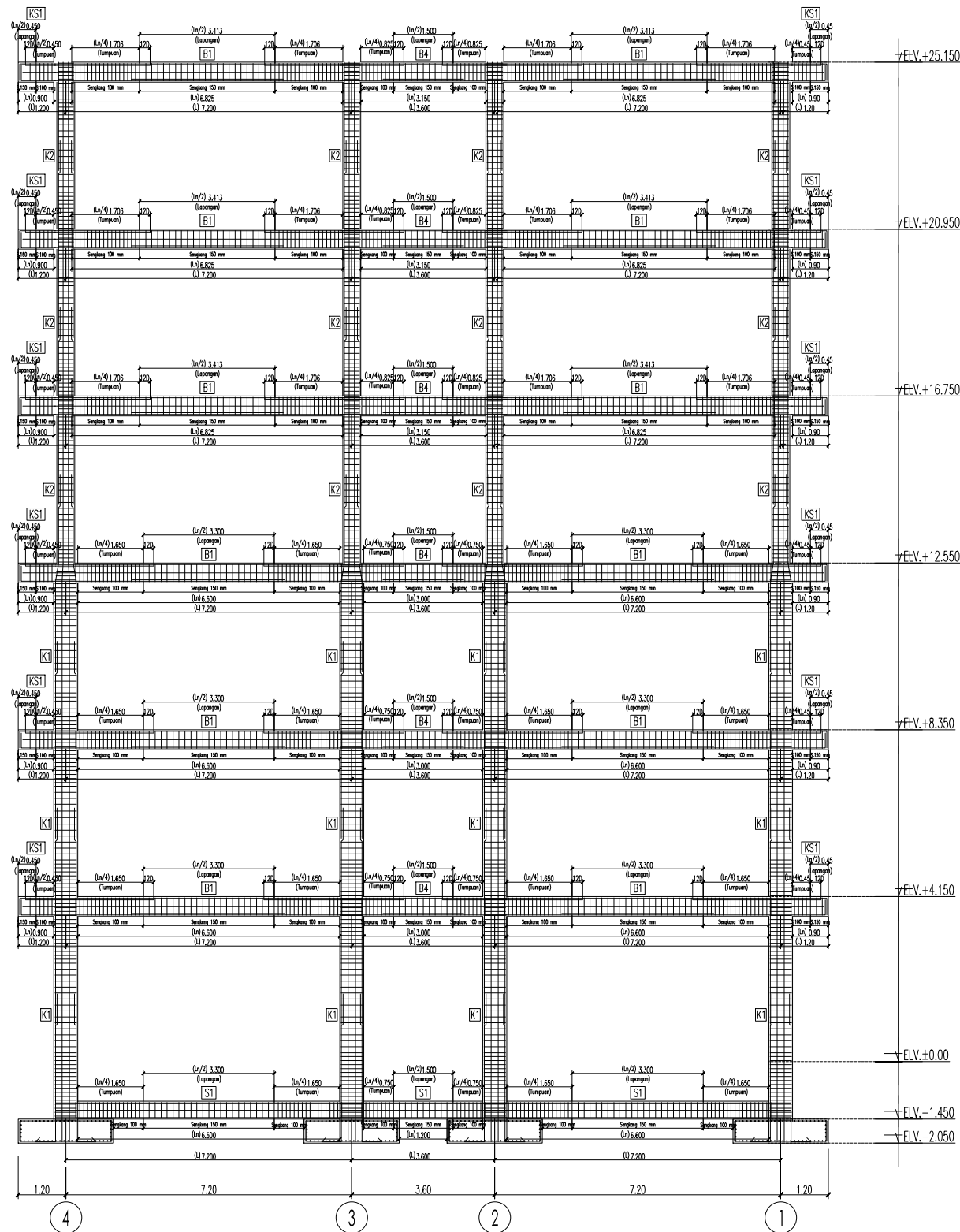
NO.	KETERANGAN REVISI	TANGGAL

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

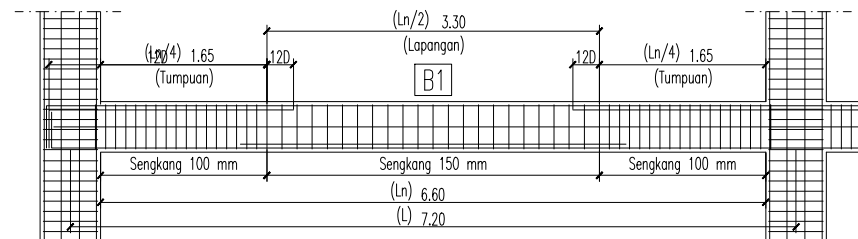
GEDUNG PERKULIAHAN

JUDUL GAMBAR	SKALA
POTONGAN PORTAL AS E DETAIL BALOK	1:150 1:75
DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE S.7
TGL. 22 JUNI 2017	NO. LBR 40

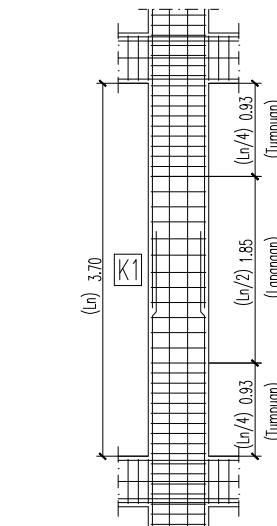
HAK CIPTA :  
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK  
MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.  
DILARANG MENGAMBIL, MENGADAPSI, MENGGANDAKAN TANPA  
IZIN TERTULIS.



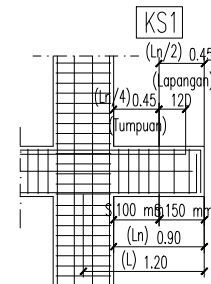
01  
S.7 01  
POTONGAN PORTAL AS E  
1 : 150



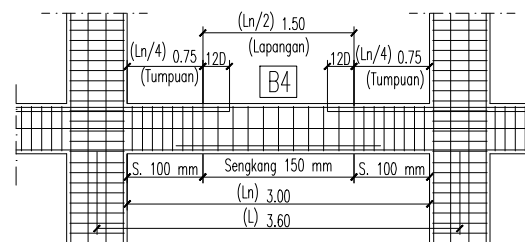
02  
S.7 01  
DETAIL BALOK B1  
1 : 75



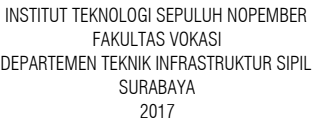
03  
S.7 01  
DETAIL KOLOM K1  
1 : 75



04  
S.7 01  
DETAIL KONSOL KS1  
1 : 75



05  
S.7 01  
DETAIL BALOK B4  
1 : 75



TUGAS AKHIR TERAPAN  
(RC 145501)

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH  
(SRPMM)

KETERANGAN

MOH. SAFI'I MANSUR	3114030073
APRIANA HANGGARA DEWI	3114030068

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

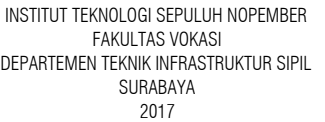
JUDUL GAMBAR	SKALA
POTONGAN PORTAL AS 1	1:150
DETAIL BALOK	1:75

DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
	S.7	41

HAK CIPTA :  
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.  
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.



POTONGAN PORTAL AS 1



TUGAS AKHIR TERAPAN  
(RC 145501)

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH  
(SRPMM)

JL. SUTOREJO NO. 59 - SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING 1

RADEN BUYUNG ANUGRAHA AFFANDHIE, ST.,MT.  
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN PEMBIMBING 2

AFIF NAVIR REFANI, ST.,MT.  
NIP. 19840919 201504 1 001

MAHASISWA

MOH. SAFI' I MANSUR	3114030073
APRIANA HANGGARA DEWI	3114030068

[illegible]

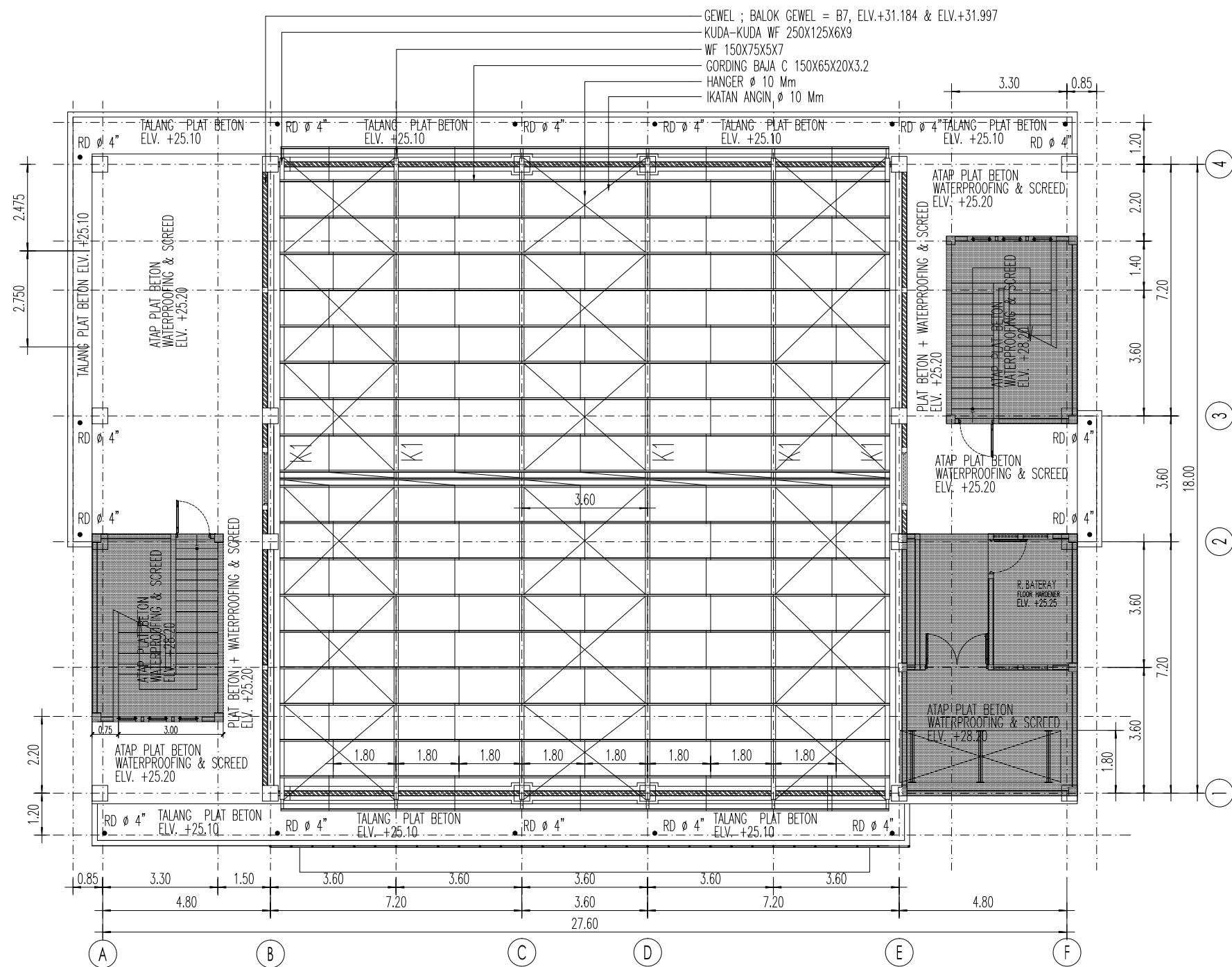
SUB KAWASAN/ BANGUNAN

GEDUNG PERKULIAHAN

JUDUL GAMBAR	SKALA
RENCANA ATAP	1:150

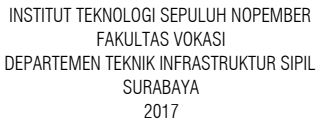
DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
TGL. 22 JUNI 2017	S.8	42

HAK CIPTA :  
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGSI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.  
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.



01  
S.8 01  
RENCANA ATAP  
1 : 150





TUGAS AKHIR TERAPAN  
(RC 145501)

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH  
(SRPMM)

JL. SUTOREJO NO. 59 - SURABAYA

RADEN BUYUNG ANUGRAHA AFFANDHIE, ST.,MT.  
NIP. 19740203 200212 1 002

AFIF NAVIR REFANI, ST.,MT.  
NIP. 19840919 201504 1 001

MOH. SAFI'I MANSUR	3114030073
APRIANA HANGGARA DEWI	3114030068

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

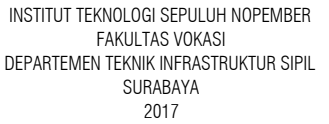
SKALA

KUDA-KUDA K1  
DETAIL A  
DETAIL B  
POTONGAN

1:40  
1:20  
1:20  
1:10

NO. LBR

**HAK CIPTA :**  
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.  
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.



TUGAS AKHIR TERAPAN  
(RC 145501)

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
PERKULIAHAN DI SURABAYA DENGAN METODE  
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH  
(SRPMM)

KETERANGAN

MOH. SAFI'I MANSUR	3114030073
APRIANA HANGGARA DEWI	3114030068

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

JUDUL GAMBAR	SKALA
DETAIL TANGGA	1:60

**HAK CIPTA :**  
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.  
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.